

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)  
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
 Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и  
продуктов переработки»  
 Отделение нефтегазового дела

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
«Разработка технических решений, направленных на повышение эксплуатационных свойств муфтовых соединений оборудования нефтепродуктоперекачивающих станций»	

УДК 621.825:621.65:622.692.4.052 \_\_\_\_

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6Б	Кузибоев Бурхониддин Баховаддинович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рудаченко Александр Валентинович	к.т.н, доцент		

### КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	д.и.н, профессор		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ООД, ШБИП, ассистент	Черемискина Мария Сергеевна	ассистент		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Брусник О.В.	к.п.н, доцент		

*Планируемые результаты обучения*

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
<b><i>В соответствии с универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями</i></b>		
<b>Общие по направлению подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»</b>		
P1	Применять базовые естественнонаучные, социально-экономические, правовые и специальные знания в области нефтегазового дела, самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	<i>Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ(УК-1, УК-2,УК-6,УК-7, ОПК-1,ОПК-2),(ЕАС-4.2, АВЕТ-3А, АВЕТ-3и).</i>
P2	Решать профессиональные инженерные задачи на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	<i>Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-2, УК-3,УК-4, УК-5,УК-8, ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7).</i>
<i>в области производственно-технологической деятельности</i>		
P3	Применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практику при эксплуатации и обслуживании технологического оборудования нефтегазовых объектов	<i>Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-2, ОПК-3,ОПК-5, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-7,ПК-8,ПК-9, ПК-10, ПК-11).</i>
P4	Оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности технологических процессов в практической деятельности и применять принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды в нефтегазовом производстве	<i>Требования ФГОСВО,СУОС ТПУ (УК-8, ОПК-6, ПК-12, ПК-13, ПК-14,ПК-15).</i>
<i>в области организационно-управленческой деятельности</i>		
P5	Эффективно работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, организовывать работу первичных производственных подразделений, используя принципы менеджмента и управления персоналом и обеспечивая корпоративные интересы	<i>Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-3, УК-8, ОПК-3, ОПК-7, ПК-16,ПК-17, ПК-18), (ЕАС-4.2-h), (АВЕТ-3d).</i>
P6	Участвовать в разработке организационно-технической документации и выполнять задания в области сертификации нефтегазопромышленного оборудования	<i>Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-7, , ПК-19, ПК20, ПК-21, ПК-22).</i>
<i>в области экспериментально-исследовательской деятельности</i>		
P7	Получать, систематизировать необходимые данные и проводить эксперименты с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий для решения расчетно-аналитических задач в области нефтегазового дела	<i>Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26).</i>
<i>в области проектной деятельности</i>		
P8	Использовать стандартные программные средства для составления проектной и рабочей и технологической документации объектов бурения нефтяных и газовых скважин, добычи, сбора, подготовки, транспорта и хранения углеводородов	<i>Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-2,ОПК-3, ОПК-5, ОПК-6, ПК-27, ПК-28, ПК-29, ПК-30), (АВЕТ-3с),(ЕАС-4.2-e).</i>
<b>Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»</b>		
P9	Применять диагностическое оборудование для проведения технического диагностирования объектов ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ(ОПК-4, ОПК-5, ПК-9,ПК-14),требования профессионального стандарта</i>

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
		<i>19.016 "Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов".</i>
P10	Выявлять неисправности трубопроводной арматуры, камер пуска и приема внутритрубных устройств, другого оборудования, установленного на ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-5, ОПК-6, ПК-9, ПК-11), требования профессионального стандарта 19.010 "Специалист по транспортировке по трубопроводам газа".</i>
P11	Оценивать результаты диагностических обследований, мониторингов, технических данных, показателей эксплуатации объектов ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-6, ОПК-7, ПК-4, ПК-7, ПК-13), требования профессионального стандарта 19.010 "Специалист по транспортировке по трубопроводам газа".</i>

Томск – 2020 г.



Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation  
Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education  
«National Research Tomsk Polytechnic University» (TPU)  
30, Lenin ave., Tomsk, 634050, Russia  
Tel. +7-3822-606333, +7-3822-701779,  
Fax +7-3822-606444, e-mail: tpu@tpu.ru, tpu.ru  
OKPO (National Classification of Enterprises and Organizations):  
02069303,  
Company Number: 027000890168,  
VAT/KPP (Code of Reason for Registration)  
7018007264/701701001, BIC 046902001

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет» (ТПУ)  
Ленина, пр., д. 30, г. Томск, 634050, Россия  
тел.: +7-3822-606333, +7-3822-701779,  
факс +7-3822-606444, e-mail: tpu@tpu.ru, tpu.ru  
ОКПО 02069303, ОГРН 1027000890168,  
ИНН/КПП 7018007264/701701001, БИК 046902001

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)  
Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и  
продуктов переработки»  
Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП ОНД ИШПР

\_\_\_\_\_  
(Подпись) (Дата) Брусник О.В.  
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
2Б6Б	Кузибоев Бурхониддин Баховаддинович

Тема работы:

«Разработка технических решений, направленных на повышение эксплуатационных свойств муфтовых соединений оборудования нефтепродуктоперекачивающих станций»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Принятие технических решений для муфтовых соединений насосных агрегатов с целью их надежной эксплуатации
--	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Рассмотрим существующие конструкции муфт, порядок проведения анализа муфтовых соединений, разработка технических решений, силовой анализ муфт, рассчитаем муфты на прочность и устойчивость. Проведем расчет продолжительности и сметной стоимости работ по анализу муфт и технику безопасности при проведении работ.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Общая и структурная схемы муфт, фотографии исследуемого объекта.</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Рыжакина Татьяна Гавриловна, доцент</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Черемискина Мария Сергеевна, ассистент ООД, ШБИП</p>

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	
--	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Рудаченко Александр Валентинович	к.т.н, доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6Б	Кузибоев Бурхониддин Баховаддинович		

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)  
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
 Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и  
продуктов переработки»  
 Уровень образования бакалавриат  
 Отделение нефтегазового дела  
 Период выполнения (осенний / весенний семестра 2019/2020 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
14.03.2020	Технологическая часть	...
28.03.2020	Описание конструкции и принцип работы муфты	...
15.04.2020	Общие положения силового анализа и расчета муфт	
29.04.2020	Аналитический метод решения	
25.05.2020	Финансовый менеджмент	
09.06.2020	Социальная ответственность	
15.06.2020	Заключение	
15.06.2020	Презентация	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Рудаченко А.В.	к.т.н, доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>ОНД ИШПР</b>	Брусник О.В.	к.п.н, доцент		

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Б6Б	Кузибоев Б.Б

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Нефтегазовое дело
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки

## Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	1. Литературные источники. 2. Методические указания по разработке раздела. 3. Нормативные справочники. 4. Налоговый кодекс РФ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

## Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Планирование процесса управления НИТИ: структура и график проведения, бюджет и риски	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИТИ
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности	1. Расчет показателей ресурсоэффективности. 2. Определение интегрального показателя эффективности научного исследования.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	31.01.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	К.Э.Н.		31.01.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6Б	Кузибоев Б.Б		31.01.2020

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Б6Б	Кузибоеву Б.Б

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Тема ВКР:

<b>Оценка влияния высоковольтных линий на эксплуатационные свойства магистрального нефтепровода</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования	<p>Объект исследования: муфтовые соединения нефтеперекачивающих станций</p> <p>Область применения: забор нефти из сечения трубопровода с низким напором, увеличения напора с помощью насосов, и ввода нефти в сечение трубопровода с высоким напором</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Специальные правовые нормы трудового законодательства:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ПМТ №51 от 18.12.98г «Правила обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты».</li> <li>Постановление Правительства РФ от 11.03.1999 №279 «Об утверждении Положения о расследовании и учете несчастных случаев на производстве».</li> </ol> <p>Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ГОСТ 12.4.051-87. ССБТ. Средства индивидуальной защиты органа слуха.</li> <li>РД 13.220.00-КТН-575-06. Правила пожарной безопасности на объектах «Оборудование производственное. Общие требования безопасности»</li> <li>ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ «Электробезопасность»</li> </ol>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p><u>Анализ выявленных вредных факторов:</u></p> <p><u>климатические условия:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Отклонение показателей микроклимата</li> <li>Превышение уровня вибрации</li> <li>Превышение уровня шума</li> </ol>



	<p>4. Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны</p> <p><u>Анализ выявленных опасных факторов:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования</li> <li>2. Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением</li> </ol>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<p>Защита селитебной зоны.</p> <p>Атмосфера: выброс загрязняющих веществ</p> <p>Гидросфера: загрязнение водоемов нефтепродуктами, нефтешламами.</p> <p>Литосфера: разлив нефти, уничтожение почвенного покрова.</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<p>Анализ возможных чрезвычайных ситуаций: пожары; поражение электрическим током.</p> <p>ЧС – поражение электрическим током персонала, обслуживающего</p> <p>Возможные ЧС:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• случайное прикосновение к токоведущим элементам;</li> <li>• ошибочные действия персонала;</li> <li>• нарушение изоляции проводов;</li> <li>• авария.</li> </ul> <p>Наиболее вероятная ЧС –пожары при разливе нефти на НПС</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6Б	Кузибоев Б.Б		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 151 с., 20 рис., 25 табл., 50 источников.

Ключевые слова: нефтеперекачивающая станция, анализ, муфтовые соединения, конструкция, муфта.

Объектом исследования: муфтовые соединения нефтеперекачивающих станций.

Цель работы – заключается в рассмотрении вопросов принятия технических решений для муфтовых соединений насосных агрегатов с целью их надежной эксплуатации.

Задачи:

1. Анализ нагрузок и условий эксплуатации
2. Анализ возможных путей по снижению динамических нагрузок
3. Рассмотреть возможные варианты повышения эксплуатационной надежности

В процессе исследования проводились сравнительные характеристики, силовой анализ, проверочные расчеты муфт, расчет на прочность и устойчивость.

В результате исследования рассмотрены: виды муфт, анализ муфтовых соединений и их конструкции, анализ муфт на прочность.

Основные конструктивные, технологические и техникоэксплуатационные характеристики: технология и организация выполнения работ.

Область применения: Нефтеперекачивающая станция.

					Разработка технических решений направленных на повышение эксплуатационных свойств муфтовых соединений		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Кузибоев Б.Б			Реферат	Лит.	Лист
Руковод.		Рудаченко А.В					
Консульт.							10
Рук-ль ООП		Брусник О.В.					167
						ТПУ гр. 2Б6Б	

В разделе финансового менеджмента проведен сравнительный анализ показателей эффективности которые позволяет судить о приемлемости существующего варианта решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

					Оглавление	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Оглавление

Введение .....	6
Глава 1. Анализ состава оборудования НПС.....	7
1. Общая характеристика НПС.....	12
1.1 Основное технологическое оборудование головных нефтеперекачивающих станций.....	15
1.1.1 Узел предохранительных устройств.....	16
1.1.2 Узел регулирования давления.....	16
1.1.4 Узел фильтров-грязеуловителей (ПНПС).....	20
1.1.1 Система сглаживания волн давления ПНПС.....	23
1.1.1 Основная насосная станция.....	24
1.2 Вспомогательное оборудование насосной станции.....	24
1.2.1 Система смазки насосно-силового агрегата.....	26
1.2.2 Система сбора и отвода утечек.....	26
1.2.3. Система разгрузки и охлаждения торцевых уплотнений.....	35
1.2.4 Подпорная насосная станция ГНПС.....	38
1.2.5 Система контроля и защиты НСА.....	44
Глава 2 анализ технических решений направленных на повышение эксплуатации оборудования нпс.....	47
2. Классификация муфт .....	48
2.1 Жесткие муфты .....	49
2.2 Жесткие компенсирующие муфты.....	53
2.3 Компенсирующие упругие муфты.....	54
2.4 Сцепные муфты.....	56
2.5 Муфты самоуправляемые автоматические.....	68
2.6 Муфты компенсирующие универсальные (УКМ).....	72
2.7 Устройство и принцип ЧРП и гидромуфты.....	79
2.7.1 Сравнительные характеристики ЧРП гидромуфты.....	84
2.8 Наиболее распространенные виды муфт.....	92

2.9 Расцентровка валов в агрегате.....	99
2.9.1 Виды и причины расцентровки агрегатов.....	107
2.9.2 Методы и приспособления для центровки.....	109
2.9.3 Подбор и расчёт муфт.....	113
3.Глава 3 Расчетная часть.....	115
3.1 Проверка на прочность стальных канатов.....	116
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	121
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	122
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	123
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	124
4.1.4 SWOT–анализ.....	125
4.2 Планирование научно–исследовательских работ.....	126
4.3 Бюджет научно–технической разработки .....	127.
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	130
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	142
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	143
5.2 Производственная безопасность.....	134
5.3 Экологическая безопасность .....	151
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	153
Заключение.....	156
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	157

## Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

- **ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ.** Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
- **ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ.** Вибрационная безопасность. Общие требования.
- **ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ.** Шум. Общие требования.
- **ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ.** Средства и методы защиты от шума. Общие требования.
- **ГОСТ 12.0.004-90** «Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения».
- **СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03** «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».
- **РД-13.110.00-КТН-031-18** «Правила безопасности при эксплуатации объектов ПАО "Транснефть"»

НПС —насосная перекачивающая станция;

БНГ —блок напорной гребенки;

ГЗУ —групповая замерная установка;

МКЭ —метод конечных элементов;

МП —мартенситный переход;

ОПФ —обратимая память формы;

РФ —Российская Федерация;

					Разработка технических решений направленных на повышение эксплуатационных свойств муфтовых соединений			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Кузибоев Б.Б.			Нормативные ссылки	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Рудаченко А.В.					15	167
Консульт.						ТПУ гр. 2Б6Б		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

## Введение

**Актуальность.** Оборудование НПС оснащена большим количеством динамического оборудования, обладающая большими усилиями и скоростью вращения, к такому динамическому оборудованию относятся компрессоры и насосы. Работы такого оборудования, как правило сопровождаются с нарушениями связанные с неравномерностью передачи нагрузок и возникновения дополнительных нагрузок, которые в конечном итоге приводят к разрушению оборудования и снижают эксплуатационную надежность. Одним из основных является нарушение связанные с неравномерностью передачи крутящих моментов.

Целью дипломной работы является разработка технических решений направленных на повышение эксплуатационных свойств муфтовых соединений в нефтепродукта-перекачивающих станциях.

Объектом исследования являются муфты, предназначенные для передачи крутящего момента, демпфирования вибраций и компенсации отклонений валов в процессе работы насосного агрегата.

Предмет исследования – муфтовые соединения нефтеперекачивающих станций.

					Разработка технических решений направленных на повышение эксплуатационных свойств муфтовых соединений			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Кузибоев Б.Б.			Введение		Лит.	Лист
Руковод.		Рудаченко А.В.						
Консульт.								16
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						167
							ТПУ гр. 2Б6Б	

## 1. Общая характеристика НПС

Нефтеперерабатывающая станция представляет собой комплекс сооружений и устройств, предназначенных в общем случае для приема, накопления и закачки нефти (нефтепродуктов) под избыточным давлением.

По назначению нефтеперекачивающие станции подразделяются на головные и промежуточные: головная НПС находится в начале магистрального трубопровода, а промежуточные -- вдоль его трассы через каждые 100... 150 км

По способу исполнения (строительства) НПС бывают двух типов: с расположением насосных агрегатов в общем укрытии или на открытых площадках. По способу монтажа оборудования нефтеперекачивающие станции могут быть выполнены из укрупненных блоков, суперблоков или из отдельных элементов.

Головные НПС располагаются вблизи нефтепромыслов (нефтепроводы) или нефтеперерабатывающих заводов (нефтепродуктопроводы). Они предназначены для приема нефти (нефтепродуктов), их краткосрочного хранения, учета и закачки в трубопровод. Промежуточные НПС, как правило, служат только для восполнения энергии, затраченной потоком на преодоление сил трения и перепадов высотных отметок профиля трассы с целью обеспечения дальнейшей перекачки нефти (нефтепродуктов).

Объекты нефтеперекачивающих станций, в основном, размещаются в отдельно стоящих зданиях. Однако их строительство отличается

					Разработка технических решений направленных на повышение эксплуатационных свойств муфтовых соединений		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Кузибоев Б.Б.			Общая характеристика НПС		
Руковод.		Рудаченко А.В					
Консульт.							
Рук-ль ООП		Брусник О.В					
					ТПУ гр. 256Б		
					Лит.	Лист	Листов
						18	167



большой трудоемкостью, требует значительных капитальных затрат. С целью уменьшения затрат и сокращения сроков строительства применяют блочно- комплектные, блочно-модульные и открытые насосные станции, где отсутствуют капитальные производственные здания тяжелого типа с железобетонными каркасами ограждающими конструкциями из железобетона.

Промежуточные НПС предназначены для повышения давления перекачиваемой нефти в магистральном трубопроводе. Промежуточные НПС размещают по трассе нефтепровода в соответствии с гидравлическим расчётом через 50--200 км.

Для обеспечения достаточно надежного уровня синхронной работы смежных НПС магистральные трубопроводы разбивают на эксплуатационные участки, среднюю длину которых принимают в пределах 400--500 км. Расстояния между НПС определяются гидравлическим расчетом в зависимости от рабочего давления и пропускной способности нефтепровода при соблюдении нормативных разрывов от границ НПС до зданий и сооружений населенных пунктов, вахтенных поселков и промышленных предприятий.

## **1.1 Основное технологическое оборудование головных нефтеперекачивающих станций**

### **1.1.1 Узел предохранительных устройств**

Узел предохранительных устройств является первым технологическим объектом, через который проходит нефть на ГНПС. Схема его изображена на рис. 1.7. Основу данного узла составляют

					Разработка технических решений направленных на повышение эксплуатационных свойств муфтовых соединений		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Кузибоев Б.Б.			Общая характеристика НПС		
Руковод.		Рудаченко А.В					
Консульт.							
Рук-ль ООП		Брусник О.В					
						Лит.	Лист
							18
							167
						ТПУ гр. 2Б6Б	

предохранительные устройства прямого действия - клапаны типов ППК (предохранительный, пружинный, полноподъемный клапан) и СППК (специальный, полноподъемный, пружинный, предохранительный клапан).

Количество рабочих клапанов определяется по требуемой пропускной способности узла  $Q_K$ :

$$K = P \cdot \frac{Q}{K_G}, \quad (1.1)$$

где  $K_K$  - расчетное количество предохранительных клапанов;  $Q_K$  - требуемая пропускная способность узла предохранительных устройств,  $m^3/c$ ;  $G$  - пропускная способность предохранительного клапана

( $kg/c$ ), определяемая по ГОСТ 12.2.085-82 (СТ СЭВ3085-81) на основе зависимости

$$G = 1,4 \cdot 10^{-3} \cdot a_2 \cdot \sqrt{p \cdot (P_1 - P_2)} \cdot F, \quad (1.2)$$

где  $a_2$  - коэффициент расхода для жидких сред, отнесенный к площади наименьшего сечения проточной части седла клапана;  $f$  - площадь наименьшего сечения проточной части седла клапана,  $m^2$ ;  $p$  - плотность жидкости перед клапаном при соответствующих давлении и температуре,  $kg/m^3$ ;  $P_1$  - максимальное давление (избыточное) перед предохранительным клапаном, МПа;  $P_2$  - максимальное давление (избыточное) за предохранительным клапаном, МПа.

Численные значения параметров, входящих в формулы (1.1) и (1.2), определяются следующим образом.

Требуемая пропускная способность узла предохранительного устройства  $Q_K$  для первого узла ГНПС, расположенного на входе станции, принимается равной максимальной производительности

					Общая характеристика НПС	Л
						19
И	Л	№ докум.	Подп	Д		

трубопровода, для второго, находящегося между подпорной и основной НС, - 70% максимальной производительности станции.

Давление  $P_1$  является давлением срабатывания клапана, оно равно произведению  $n_p P$ , где  $n_p$  – коэффициент надежности по нагрузке (по рабочему давлению в трубопроводе), принимаемый по СНиП 2.05.06.85;  $P$  - рабочее давление трубопровода, МПа.

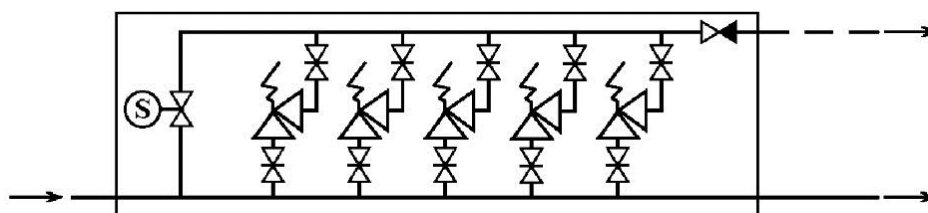


Рис. 1.8. Узел предохранительных устройств: основной поток нефти; сброс нефти в резервуары

Максимальное давление за предохранительным клапаном рассчитывается по формуле

$$P_2 = (P_{\Gamma} + p - g - \Delta z), \quad (1.3)$$

где  $P_{\Gamma}$ , - полные потери давления между клапаном и резервуаром сброса жидкости, Мпа;

$\Delta z$  – разность геодезических отметок наивысшей точки линии сброса нефти в резервуар и площадки предохранительных клапанов, м.

Численное значение коэффициента  $a_2$ , входящего в (4.2), назначается по ГОСТ 12.2.085-82, согласно которому для полноподъёмных клапанов, какими являются клапаны типов ППК и СППК,  $a_2 = 0,1$ .

Помимо рабочих клапанов число которых рассчитывается по зависимости и округляется в большую сторону, на узлах устройств предусматривается не менее 30% резервных клапанов от числа рабочих. До и после каждого предохранительного устройства устанавливаются отключающие задвижки с ручным приводом, которые пломбируются в

открытом положении.				Трубопроводы после предохранительных Общая характеристика НПС		л
И	Л	№ докум.	Подп			19

устройств укладываются образом, чтобы обеспечивалось самотечное опорожнение их в сторону зачистного насоса или зачистой емкости. Для этого трубопроводам придают уклон 0,002 в соответствующем направлении.

					Общая характеристика НПС	Л
И	Л	№ докум.	Подп	Д		19

### 1.1.2 Узел регулирования давления

Узел регулирования давления находится на выходе всех нефтеперекачивающих станций. Основным элементом узлов подобного типа является регулирующее устройство. В большинстве случаев это регулятор давления или регулирующая заслонка.

Общий вид схемы узла регулирования приведен на рис. 1.9.

Для обеспечения регулирования процессом перекачки достаточной надежности на узлах регулирования предусматривается не менее двух регулирующих устройств, соединенных между собой параллельно и

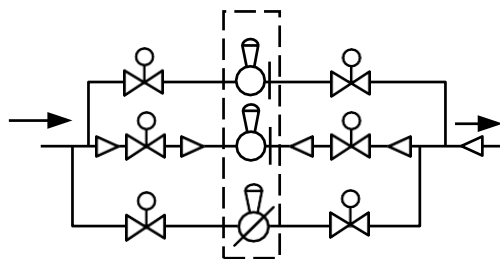


Рис. 1.9. Узел регулирования давления

размещенных на отдельных трубопроводах ( нитках) узла.

Схема узла разрабатывается таким образом, чтобы создавалось равномерное распределение потока между регулирующими устройствами и потоки жидкости имели упорядоченную структуру. Это достигается выполнением всех ниток равновеликими по гидросопротивлению и созданием на каждой нитке прямолинейных участков до и после регулирующих устройств; протяженность прямолинейных участков принимается равной не менее пяти диаметров ниток.

Одним из основных этапов в разработке узла регулирования давления является этап выбора регулируемого устройства. При выборе устройства руководствуются преимущественно тремя критериями.

					Общая характеристика НПС	Л
И	Л	№ докум.	Подп	Д		19

Во-первых, рекомендуемой областью применения регулирующего устройства, во-вторых, допустимым перепадом давления на устройстве, ограниченным опасностью «заклинивания» регулирующего органа и кавитацией.

Третьим критерием подбора регулирующего устройства является перепад давления на нем при отсутствии регулирования. Этот перепад по должен быть равен не более 0,02-0,03 Мпа.

Из существующих типов регулирующих устройств на нефтеперекачивающих станциях могут использоваться регуляторы давления, регулирующие заслонки, шаровые краны. Преимущественное применение находят два первых типа устройств.

Регуляторы давления (двухседельные клапаны) по своим параметрам пригодны для трубопроводов диаметром до 800 мм, а регулирующие заслонки – для трубопроводов различных диаметров. Это обеспечивает заслонкам большую область применения. Однако по другому показателю – допустимому перепаду давления – они уступают регуляторам, так как значение этого параметра у них составляет 2 Мпа против 4 Мпа у регуляторов давления.

Главным критерием при выборе типа регулирующего устройства по допустимому перепаду давления является требование, диктующее принимать лишь те устройства, для которых допустимый перепад давления соответствует напору одного магистрального насоса при максимальной производительности станции.

Потребное количество регулирующих устройств для узла регулирования определяется на основе пропускной способности одного устройства и максимальной производительности нефтеперекачивающей станции.

					Общая характеристика НПС	Л
И	Л	№ докум.	Подп	Д		19

Пропускная способность одного устройства рассчитывается по формуле

$$Q_y = 1,2 \cdot K_v \cdot \sqrt{\Delta P / \rho} \quad (1.4)$$

где  $Q_k$  – пропускная способность одного регулирующего устройства, м<sup>3</sup>/с; 1,2 – коэффициент запаса;  $K_v$  – условная пропускная способность регулирующего устройства, м<sup>3</sup>/с;  $\Delta P$  – перепад давления на регулирующем устройстве при отсутствии регулирования, он должен быть равен не более 0,2-0,3 кгс/см<sup>2</sup>;  $\rho$  – плотность нефти, т/м<sup>3</sup>.

Количество регулирующих устройств на узле находится как частное от деления максимальной производительности нефтеперекачивающей станции  $Q_{\max}$  на  $Q_y$  с последующим округлением полученной цифры до большего значения.

Обычно узел регулирования стремятся упростить и в расчет принимаются такие устройства, которые обеспечивают примерное равенство  $Q_y$  к  $Q_{\max}$ . В этом случае на узле устанавливается минимум требуемого количества регулирующих устройств – два. Одно из них является рабочим, другое – резервным.

					Общая характеристика НПС	Л
						19
И	Л	№ докум.	Подп	Д		

### 1.1.3 Узел фильтров-грязеуловителей (ПНПС)

Узел фильтров-грязеуловителей размещается на входе ПНПС. Он служит для очистки транспортируемой нефти от относительно крупных механических включений перед подачей жидкости на вход насосных агрегатов.

Данный узел состоит из параллельно соединенных фильтров (рис. 10), установленных на открытой площадке. В типовом варианте узла используется три аппарата. Схема устройства отдельного фильтра, представляющего из себя конструкцию типа «труба в трубе», показана на рис. 1.11, 1.12

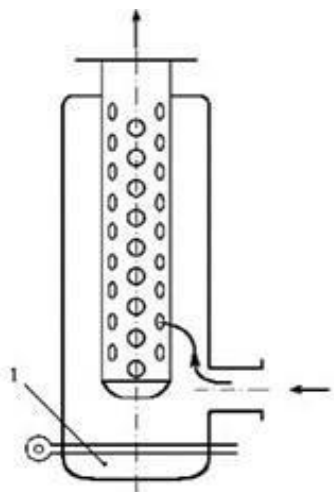


Рис. 1.10. Схема площадки фильтров-грязеуловителей

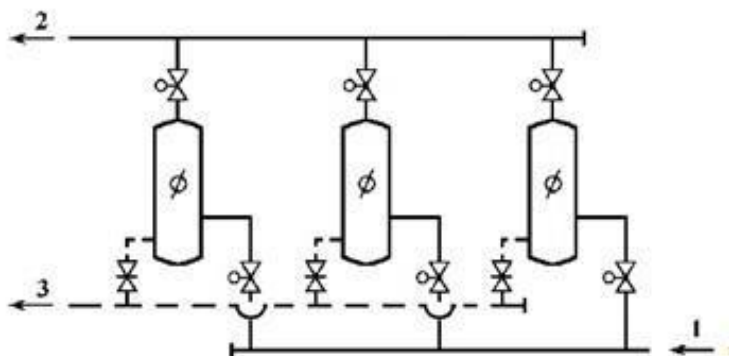


Рис. 1.11.Схем  
\Фильтра-грязеуловителя

					Общая характеристика НПС	Л
						19
И	Л	№ докум.	Подп	Д		



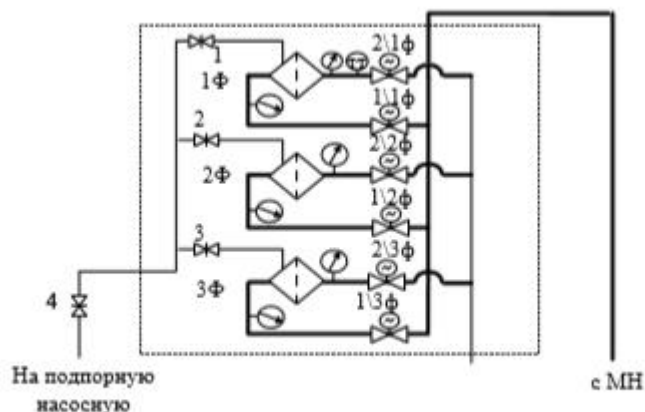


Рис.1.12. Технологическая схема узла фильтров-грязеуловителей

Состояние фильтров при их эксплуатации постоянно контролируется с помощью манометров, установленных на входе и выходе каждого аппарата. При повышенном перепаде давления на каком-либо из фильтров он отключается. Содержащиеся в нем механические скопления удаляются.

#### 1.1.4 Система сглаживания волн давления ПНПС

Система сглаживания волн давления предназначена для защиты магистрального трубопровода, трубопроводов и оборудования ПНПС от гидравлического удара с помощью сброса части перекачиваемой нефти из приемного трубопровода ПНПС в специальную емкость.

#### 1.1.5 Основная насосная станция

Основные принципы подбора насосов для НС магистральных нефтепроводов заложены в нормальном ряде насосов типов ПМ и НПВ, а также в нормах технологического проектирования.

Для основных НС ГНПС и НС ПНПС нормами предусматривается две схемы соединения насосов - последовательная (основная) и параллельно-последовательная (аварийная).

Аварийная схема соединения насосов практикуется только для НПС параллельно проходящих нефтепроводов, уложенных в одном "коридоре", и как временная, к которой прибегают при аварии на

					Общая характеристика НПС	Л
И	Л	№ докум.	Подп	Д		19

ближайшей НПС соседнего нефтепровода. Данная схема позволяет заменить временно вышедшую из строя станцию и вести перекачку на ее участке одной станцией рядом расположенного нефтепровода сразу по двум параллельным нефтепроводам. Суммарная производительность двух объединенных таким образом магистралей оказывается выше, чем при раздельной работе магистралей с аварийно отключившейся станцией на одной из них.

Основная последовательная схема соединения насосов НС значительно более употребима.

Рассмотрим пример обвязки основной насосной (рис. 1.13). Основная насосная состоит из насосов магистральных марки НМ в количестве 4 шт, из них 3 основных и 1 резервный. Для привода насосов используются синхронные трехфазные двигатели СТД. Насосная и электрозал также находятся в общем укрытии, разделенные бромбаудной стенкой.

Магистральные насосы соединены последовательно. Таким образом, поток нефти проходит поочередно через все насосы, которые работают с одной подачей для увеличения суммарного давления на выходе насосной.

Также насосы могут работать по параллельно-последовательной схеме. Для этого выход МА №1 соединен со входом МА №4 через обратный клапан и задвижку №3/1. В случае открытой задвижки №3/1 агрегаты работают группами: МА № 1, 4 и МА № 2, 3. Внутри группы последовательное соединение. Группы работают параллельно. Данная схема подключения используется в случае необходимости работы станции по 2-м магистральным нефтепроводам. Таким образом, НПС может осуществлять перекачку одновременно по двум трубопроводам.

Система нефтеутечки служит для сбора утечек нефти с магистральных и подпорных насосных агрегатов. Для магистральной

					Общая характеристика НПС	Л
И	Л	№ докум.	Подп	Д		19

насосной система сбора утечек состоит из двух насосов откачки утечек типа 12 НА – 9х4 и двух емкостей сбора утечек  $V = 40 \text{ м}^3$

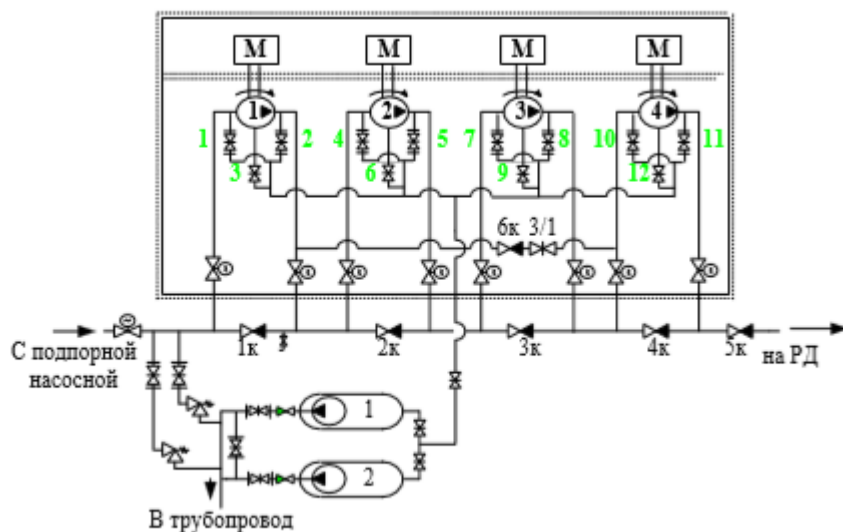


Рис. 1.13. Пример обвязки основной насосной

## 1.2 Вспомогательное оборудование насосной станции

К вспомогательному оборудованию НС относятся системы, обеспечивающие нормальные условия работы основному оборудованию станций, это: система смазки насосно-силовых агрегатов, система охлаждения масла, система охлаждения воздушного пространства электродвигателей при замкнутом цикле их вентиляции, система сбора и отвода утечек от концевых уплотнений насосов, система вентиляции помещений.

Среди перечисленных систем наиболее важными являются система смазки и система сбора и отвода утечек. Система смазки, как система агрегата в целом, присуща только насосным агрегатам, выполненным на базе спиральных насосов. Для многоступенчатых секционных насосов и приводящих их двигателей она не предусматривается, так как в этом случае подшипники имеют кольцевую смазку.

### 1.2.1 Система смазки насосно-силового агрегата

Система смазки насосно-силового агрегата служит для подачи

					Общая характеристика НПС	Л
И	Л	№ докум.	Подп	Д		19

масла в узлы трения (подшипники насоса и двигателя) с целью уменьшения трения и отвода выделявшегося при трении тепла.

Система смазки спиральных насосных агрегатов является принудительной - масло в подшипники подается под давлением. Подача масла осуществляется шестеренными насосами из маслобаков. Перед поступлением в подшипники масло очищается в фильтрах и охлаждается в маслоохладителях до требуемой температуры, обеспечивающей оптимальный режим смазки.

Основу системы составляют два маслобака и два шестеренных насоса, установленных вблизи баков.

В нормальном режиме работы системы смазки оба насоса находятся в действии, откачивают масло из баков и подают его через обратные клапаны на два соединенных параллельно фильтра. После очистки в фильтрах от механических примесей (в основном от продуктов износа подшипников и опорных шеек валов насоса и двигателя) масло по общему трубопроводу поступает в два параллельно включенных маслоохладителя и затем также по общему трубопроводу-коллектору - на насосные агрегаты. Из подшипников масло самотеком поступает в общий коллектор, далее в маслобаки, расположенные вместе со всей системой смазки в специальной приемке в помещении электродвигателей.

При отключении электропитания (плановом или аварийном) шестеренные насосы системы смазки перестают работать, насосный агрегат при этом вследствие инерционности насоса и двигателя останавливается не сразу - происходит так называемый "выбег" агрегата.

Для смазки подшипников в момент "выбега" агрегатов предусмотрен бак статического давления масла, поднятый на высоту 4 м над осью агрегата. Этот бак заполняется маслом при нормальной работе системы смазки и находится в заполненном состоянии. При

					Общая характеристика НПС	Л
И	Л	№ докум.	Подп	Д		19

прекращении электропитания маслонасосов смазка подшипников агрегата осуществляется за счет самотечного истечения масла из бака в линию подачи смазки к подшипникам.

После многократного использования масло подвергается лабораторному анализу и, если оно не отвечает требованиям, его из основных маслобаков сливают в бак для отработанного масла.

Заполнение системы смазки чистым маслом производится из бака для чистого масла. Заполнение осуществляется с помощью дополнительно установленного шестеренного насоса, подающего чистое масло в основные маслобаки.

Система смазки сохраняет свою работоспособность при выходе из строя одного из ее основных насосов. В этом случае оставшийся в работе насос подает масло в систему сразу из двух маслобаков.

Управление работой системы смазки осуществляется со щита управления, установленного в операторной станции, и состоит в пуске или остановке всех ее маслонасосов. При этом дополнительный насос пускается по мере его необходимости, то есть при заполнении системы смазки чистым маслом, а два основных насоса - перед пуском агрегатов.

Контроль за работой системы производится в основном по трем параметрам - давлению и температуре масла, перепаду давления на маслофильтрах.

Давление контролируется с помощью датчиков, установленных в маслопроводах перед подшипниками; сигнал от датчика подается на показывающий прибор, установленный на щите в насосном зале.

Температура масла также измеряется перед подшипниками, а показывающий температуру прибор установлен на щите в операторной.

При нормальном состоянии системы смазки давление масла перед подшипниками должно составлять 0,5 кгс/см<sup>2</sup>, а температура масла в этих же точках не должна превышать температуру окружающей среды на

					Общая характеристика НПС	Л
						19
И	Л	№ докум.	Подп	Д		

33- 40°С. При этом температура масла на выходе маслоохладителей должна находиться в пределах 35-50°С.

Предельно допустимые значения контролируемых параметров:

- температура подшипников - не более 60°С;
- давление масла перед подшипниками - не менее 0,35 кгс/см<sup>2</sup>;
- потери давления на маслофильтрах - не более 0,5 кгс/см<sup>2</sup>.

При потерях давления на маслофильтрах, равных 0,5 кгс/см<sup>2</sup>, фильтры подлежат очистке.

Помимо рассмотренного варианта системы смазки насосно-силовых агрегатов, существуют еще некоторые ее разновидности. В частности, по одному из вариантов постоянно находится в работе только один из основных насосов системы. Второй включается автоматически лишь при аварийном отключении ранее работавшего насоса.

Кроме того, в качестве маслоохладителей на ряде станций вместо теплообменников с жидким хладагентом - водой в последнее время все

больше используют аппараты воздушного охлаждения масла (АВО масла). АВО масла состоят из теплообменной секции

и вентилятора, который подает воздух на секцию и тем самым охлаждает циркулирующее в ней масло. Одно

из основных достоинств таких аппаратов - отсутствие теплоносителя (воды), который в северных

условиях,

характерных для Западной Сибири, вызывает большие неудобства при эксплуатации систем смазки и охлаждения масла. Преимущество этой системы состоит в отсутствии жестких требований к герметизации водяных коммуникаций и очистки последних от отложений.

Рассмотрим пример системы смазки подшипников, в которой предусмотрена напорная (принудительная) подача масла к

					Общая характеристика НПС	Л
						19
И	Л	№ докум.	Подп	Д		

подшипникам и его безнапорный возврат в маслобак (рис. 1.14).

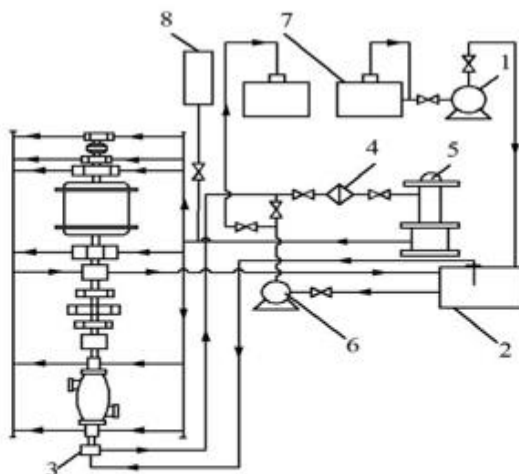


Рис. 1.14. Система смазки подшипников перекачивающих агрегатов НПС

Система состоит из маслобака 2, для заполнения которого предусмотрен шестеренчатый насос 1, основного насоса 6, нагнетающего масло через фильтр 4 и маслоохладитель 5 в маслопроводы, ведущие к подшипникам агрегата (изображен в левой части рисунка). Обратно масло возвращается самотеком в маслобак 2. Отработанное масло перекачивается насосом 3 в емкость 8. Аккумулирующий бак 7 предназначен для подачи масла в аварийных ситуациях.

Маслобак 2 представляет собой емкость сварной конструкции, на которой устанавливают указатель уровня масла, фланцы для присоединения трубопроводов и предохранительный клапан.

Маслофильтры 4 имеют два одинаковых фильтрующих патрона с сетками, включенными в маслосистему через трехходовой кран. Этот кран дает возможность пропускать масло через оба патрона одновременно или только через один из них, что позволяет заменять фильтрационные сетки без остановки агрегата. Степень засоренности фильтров можно контролировать по показаниям манометров,

					Общая характеристика НПС	Л
И	Л	№ докум.	Подп	Д		19

установленных до и после каждого из них.

Масляные коммуникации состоят из напорных и сливных трубопроводов. Напорная линия испытывается под давлением 0,5 МПа; всасывающая — под давлением 0,2 МПа. На напорном трубопроводе перед подшипниками устанавливают регулирующие вентили или дроссельные шайбы, позволяющие увеличивать или уменьшать подачу масла к подшипникам.

Система водяного охлаждения масла состоит из маслоохладителя 5, представляющего трубчатый теплообменник, внутри которого по латунным трубкам циркулирует вода, а по межтрубному пространству — масло. В верхней части маслоохладителя имеются два крана для спуска воздуха из масляной и водяной камер. На патрубках входа и выхода масла устанавливают термометры. Температура масла на выходе из маслоохладителя должна находиться в пределах 35 — 55 °С.

Для смазки подшипников применяют минеральные масла, которые не должны содержать воду и механические примеси. Лучшими считаются такие сорта масла, у которых температура незначительно влияет на вязкость. Температура застывания масла не должна быть выше 0 °С.

Рассмотрим пример системы маслоснабжения с охлаждением масла воздухом.

Из баков 1 масло рабочим насосом 2 подают через фильтры 3 и воздушные маслоохладители 4 по маслопроводам к узлам трения, а отработанное масло самотеком по линии слива поступает в маслобаки 1. Воздух в маслоохладитель подают центробежным нагнетателем 5. Обдувая трубный пучок, воздух охлаждаетдвигающееся по трубкам масло. Температуру охлаждения масла контролируют и регулируют терморегулятором 6. Для обеспечения насосного агрегата смазкой во время аварийного отключения электроэнергии предусматривают

					Общая характеристика НПС	Л
						19
И	Л	№ докум.	Подп	Д		



маслобак 7 на высоте не менее 3 м от оси насосных агрегатов.

На схеме рис. 15 видно, что маслоустановка выполнена со 100 %-ным резервом, предусмотрена как параллельная, так и последовательная работа воздушных маслоохладителей. Расход и давление масла регулируют путем перепуска части жидкости с нагнетания на всасывание по обводной линии.

Для охлаждения масла в этой схеме применен отопительный рециркуляционный напольный агрегат СТОД-300М в исполнении для воды. Агрегат состоит из двух калориферов СТОД-4047Б-12, соединенных между собой последовательно. Общая поверхность охлаждения  $158 \text{ м}^2$ , расход масла  $18 \text{ м}^3/\text{ч}$ , расход воздуха  $30\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Воздух для охлаждения масла подается нагнетателем двустороннего всасывания Ц4-70, который смонтирован в одном корпусе с электродвигателем А02-32-4.

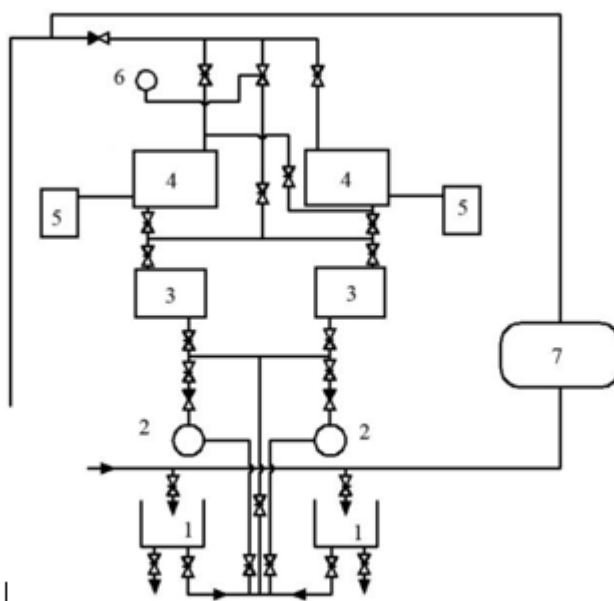


Рис. 1.15. Система маслоснабжения с охлаждением воздухом

Перед пуском маслосистемы в работу производят очистку напорных и сливных маслопроводов и масляного бака, затем систему заполняют маслом через фильтры.

					Общая характеристика НПС	Л
И	Л	№ докум.	Подп	Д		19

На подводах масла на смазку подшипников насосного агрегата устанавливают фильтрующие сетки с ячейкой не более 0,08 мм, проверяют уровень масла в баке, затем пускают маслонасос. При помощи вентили на обводной линии регулируют расход масла в системе. Расход масла на подшипники насосных агрегатов регулируют путем установки определенного сечения дроссельных шайб согласно инструкциям на эксплуатацию насоса и электродвигателя. После окончания прокачки системы берут пробу масла из нижней точки маслобака. При неудовлетворительном анализе масла (на содержание механических примесей) систему освобождают, промывают и затем заливают чистым маслом. По окончании прокачки масла сетки, установленные на подводах масла на смазку подшипников, удаляют.

После приведения насосного агрегата в рабочее состояние производят пуск маслонасосов. Когда давление в конце масляной магистрали достигнет 0,7 кгс/см<sup>2</sup>, дают разрешение на включение масляных выключателей электродвигателей насосных агрегатов.

В процессе работы контролируют температуру масла на выходе из маслоохладителей, она должна находиться в пределах 35-55 °С.

Для смазки трущихся частей насосных агрегатов применяют минеральные масла, которые не должны содержать воду и механические примеси. Нельзя применять смазку с графитом, не допускается также обилие смазки в шарикоподшипниках, так как это приводит к их быстрому нагреву.

Качество и свойства смазочного масла определяют по плотности, содержанию воды, вязкости, температуре вспышки и воспламенения, содержанию кислот, смол, золы и примесей твердых веществ.

Вода ухудшает способность масла образовывать на поверхности металла прочную масляную пленку. Часто образуется водомасляная эмульсия, что вызывает повышение температуры подшипников,

					Общая характеристика НПС	Л
						19
И	Л	№ докум.	Подп	Д		

повышенный износ деталей и даже приводит к задирам трущихся поверхностей. Вода усиливает процесс окисления масла.

Лучшими считаются такие сорта масла, у которых температура незначительно влияет на вязкость. Такие масла можно использовать в различных температурных условиях. Для эксплуатации применяют масла с температурой застывания не выше 0 °С.

Температуры вспышки и воспламенения характеризуют испорченность масла и огнеопасность. Если пары нагретого масла вспыхивают при поднесении пламени, то такая температура соответствует температуре вспышки. Если нагретое масло загорается при поднесении пламени и продолжает затем гореть, эту температуру называют температурой воспламенения.

Кислоты, смолы, золы и механические примеси вызывают разъедание трущихся поверхностей и ослабляют смазочную способность масла. Кислотное число масла выражается в миллиграммах на 1 г масла и показывает, сколько миллиграммов щелочи КОН необходимо для нейтрализации 1 г масла.

Сорт применяемого масла зависит от типа насоса, условий его эксплуатации и определяется заводом-изготовителем. Обычно для смазки подшипников насосов и электродвигателей применяют турбинное, машинное, авиационное масла, а также густые консистентные смазки (солидолы и констатины).

В процессе эксплуатации химические и физические свойства масла изменяются. Происходит увеличение вязкости вследствие испарения легких фракций, повышается кислотность от воздействия воздуха и металла, увеличивается содержание механических примесей, масло обводняется или насыщается нефтепродуктом при попадании их из сальников, системы охлаждения и др. Такие изменения качества масла снижают его смазочные свойства и увеличивают износ трущихся деталей.

					Общая характеристика НПС	Л
						19
И	Л	№ докум.	Подп	Д		

Срок службы масла зависит от его качества, степени изношенности деталей, материала трущихся деталей, удельных давлений, температурного режима и количества масла в циркуляционной системе.

Качество масла периодически проверяют в лаборатории. Масло следует заменить, если содержание механических примесей более 1,5 %, содержание воды свыше 0,25 %, кислотное число более 1,5 мг КОН на 1 г масла, температура вспышки снижена до 150 °С, содержание кокса повысилось до 3 %.

Поставщик для каждой партии масла дает паспорт с указанием его качества и соответствия установленному стандарту, в противном случае выполняют лабораторный анализ пробы каждой партии масла. Норму часового расхода масла для каждого типа насоса или двигателя устанавливают на основании результатов заводских испытаний.

### 1.2.2 Система сбора и отвода утечек

Система сбора и отвода утечек предназначена для сбора утечек от концевых уплотнений основных насосов НС. При наличии на станции нескольких насосов она выполняется общей для всех насосов. Обычно к этой системе присоединяется и система сбора утечек с остальных технологических объектов ГНПС. Утечки нефти могут происходить через концевые уплотнения вала насоса, однако их значение незначительно, а при использовании надежных торцевых уплотнений они сведены практически к нулю.

Основные утечки происходят через систему разгрузки торцевых уплотнений насоса, поэтому для их сбора и возврата предусмотрена специальная система (рис. 1.16). Утечки из линии разгрузки 2 насоса 1 поступают самотеком на прием подпорных насосов или в резервуар утечек

					Общая характеристика НПС	Л
И	Л	№ докум.	Подп	Д		19

5. Периодически нефть из резервуара утечек закачивают насосами 4 в линию всасывания 3 основных насосов.

Данная система выполняет две функции - централизованный сбор в емкость утечек нефти из концевых уплотнений всех насосов; откачку утечек из емкости в нефтепровод. Сбор утечек от концевых уплотнений насосов осуществляется через специальные трубопроводы, присоединенные к камерам уплотнений. По данным трубопроводам утечки поступают в общий коллектор утечек станции и далее в заглубленную емкость. Сбор утечек происходит самотеком благодаря прокладке всех трубопроводов с уклоном в сторону заглубленной емкости.

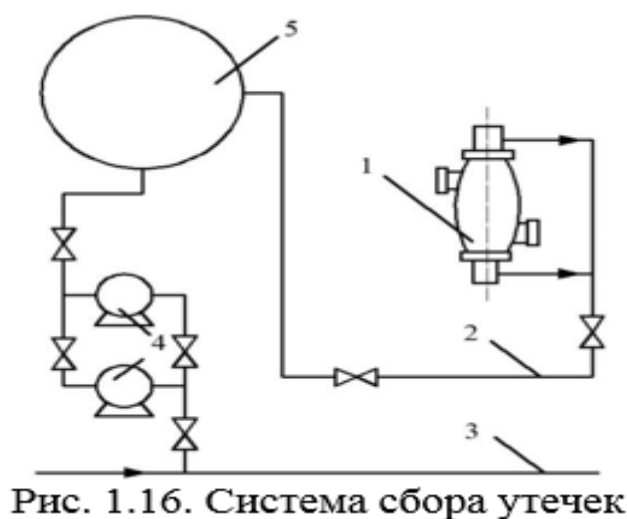


Рис. 1.16. Система сбора утечек

Откачка нефти из заглубленной емкости производится специальными насосами, которые включаются автоматически при достижении нефтью максимального уровня разлива. Насосы подают нефть в приемный трубопровод подпорной насосной станции.

В качестве специальных насосов для откачки нефти используют насосы типов НОУ и НА.

Маркировка насосов типа НОУ расшифровывается как

					Общая характеристика НПС	Л
						19
И	Л	№ докум.	Подп	Д		

"нефтяные, для откачки утечек". Эти насосы центробежные, вертикальные, секционные. Они рассчитаны на эксплуатацию на открытых площадках при температуре окружающего воздуха от 223 К до 313 К.

Данные насосы устанавливаются в бетонированный приямок рядом с заглубленной емкостью и находятся постоянно под уровнем жидкости, поскольку их всасывающий патрубок, расположенный горизонтально, приваривается к патрубку заглубленного резервуара. Электродвигатель насоса при этом находится над поверхностью земли. Такое расположение насоса обеспечивает ему благоприятные условия всасывания и дает возможность опорожнять заглубленную емкость полностью и без осложнений.

Насосы типа НА носят к артезианским, о чем говорит буква А в их обозначении. Буква Н в маркировке означает нефтяной.

Артезианские насосы так же, как и насосы НОУ, центробежные, вертикальные, секционные. По компоновочным решениям оба типа насосов во многом схожи. Отличает их преимущественно размещение относительно заглубленного резервуара - насосы НА устанавливаются не рядом с резервуаром, а помещаются прямо в саму емкость, под уровень жидкости. Электродвигатель насоса находится на кровле резервуара. Техническое состояние концевых уплотнений насосов во многом определяет технико-экономические характеристики агрегатов. Поэтому за состоянием уплотнений ведется постоянный контроль. Он, кроме прочего, состоит в наблюдении за уровнем утечек из уплотнений. Наблюдения выполняются автоматически с помощью специальных сигнализаторов, устанавливаемых на трубопроводах отвода утечек от камер уплотнений.

При утечках, превышающих допустимый уровень, сигнализатор срабатывает и производит автоматическую остановку неисправного насоса.

					Общая характеристика НПС	Л
И	Л	№ докум.	Подп	Д		19

В качестве подобного сигнализатора на станциях используются сигнализаторы уровня утечек типов СУН и ОМУВ.

### 1.2.3. Система разгрузки и охлаждения торцевых уплотнений

К числу наиболее важных вспомогательных систем НС относится система разгрузки торцевых уплотнений насосов.

В основных насосах, перекачивающих нефть или нефтепродукты, величина напора в камерах уплотнений колеблется от 20-30 до 700 - 800 м.

Торцевые уплотнения центробежных насосов постоянно (в работе и при остановках) находятся под давлением перекачиваемой жидкости. Наличие давления в камерах уплотнений снижает надежность и работоспособность уплотнений, так как приводит к дополнительному силовому взаимодействию между контактами уплотнений. В результате этого возрастает износ и нагрев уплотнений, увеличиваются непроизводительные потери мощности в насосе, увеличивается износ.

Система разгрузки и охлаждения торцевых уплотнений центробежных нагнетателей предназначена для защиты торцевых уплотнений каждого центробежного нагнетателя от чрезмерных перегрузок по давлению и высоких температур, возникающих при выделении тепла трения. Цель функционирования системы разгрузки - снижение давления в камерах уплотнений и, одновременно, охлаждение уплотнений потоком перекачиваемой жидкости, увеличение срока службы уплотнений.

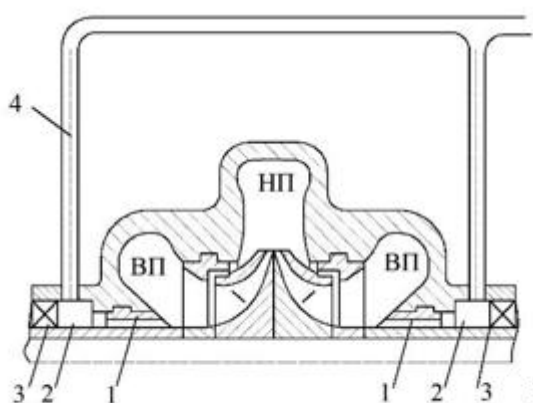
Существует несколько вариантов разгрузки. Перед ознакомлением с ними для лучшего понимания излагаемого материала необходимо уточнить понятие "камера уплотнения". Для этого можно обратиться к конструктивным схемам насосов НМ.

Из конструкции насосов следует, что концевые уплотнения

					Общая характеристика НПС	Л
И	Л	№ докум.	Подп	Д		19

располагаются в некоторых конструктивно ограниченных объемах. Причем между самими уплотнениями и областью всасывания насоса (входом в рабочее колесо) существует определенное пространство, в котором размещается щелевое уплотнение и некоторый замкнутый объем, непосредственно примыкающий к концевому уплотнению со стороны рабочего колеса. Данный объем и составляет камеру уплотнения.

Одним из вариантов разгрузки концевого уплотнения является вариант, ранее считавшийся традиционным. Он заключается в отводе жидкости из камер уплотнения разгрузочным трубопроводом в зону пониженного давления, в качестве которой может использоваться либо приемный трубопровод насосной станции, специальная емкость (емкость сбора утечек). В основном отвод жидкости осуществляется в приемный трубопровод НС, он при работающем насосе выполняется постоянно. Этим в камерах уплотнений поддерживается пониженное давление и создаются условия для перетока части жидкости со входа рабочего колеса через щелевое уплотнение в камеру и далее в приемный трубопровод станции.



**Рис. 1.17. Традиционная система разгрузки торцевых уплотнений**

Постоянная циркуляция жидкости через камеры охлаждает уплотнения. При чрезмерном повышении давления в камерах давление в них снижается за счет сброса жидкости из разгрузочных

					Общая характеристика НПС	Л
						19
И	Л	№ докум.	Подп	Д		



трубопроводов в заглубленную емкость через предохранительные клапаны.

Предохранительные клапаны могут устанавливаться на разгрузочных трубопроводах каждой камеры. Однако системы разгрузки отдельных уплотнений и насосов НС объединяют в общую систему разгрузки станции, и предохранительные клапаны ставятся на коллекторе общестанционной системы разгрузки. Такое решение значительно упрощает данную систему.

В качестве предохранительных клапанов в рассматриваемом варианте разгрузки используются клапаны типов ППК (клапан пружинный предохранительный) и СППК (клапан пружинный предохранительный сбросной).

Сброс жидкости через эти клапаны проводится в емкость для сбора утечек от концевых уплотнений.

Недостатком традиционного варианта разгрузки является постоянная непроизводительная циркуляция части перекачиваемой жидкости через насос по системе разгрузки, что снижает объемный к.п.д. насоса.

Иногда такую схему называют групповой, т.к. нефть из всех насосов поступает в общий коллектор станции и затем снова подается в линию всасывания.

Вторым вариантом разгрузки концевых уплотнений является так называемая индивидуальная схема охлаждения и разгрузки. Она состоит в отводе части жидкости с нагнетания насоса (из верхней точки улитки корпуса насоса) в камеру уплотнений по специальным трубопроводам. Из камер жидкость перетекает в область всасывания насоса через щелевое уплотнение, а затем вновь падает в область нагнетания и т.д.

					Общая характеристика НПС	Л
						19
И	Л	№ докум.	Подп	Д		

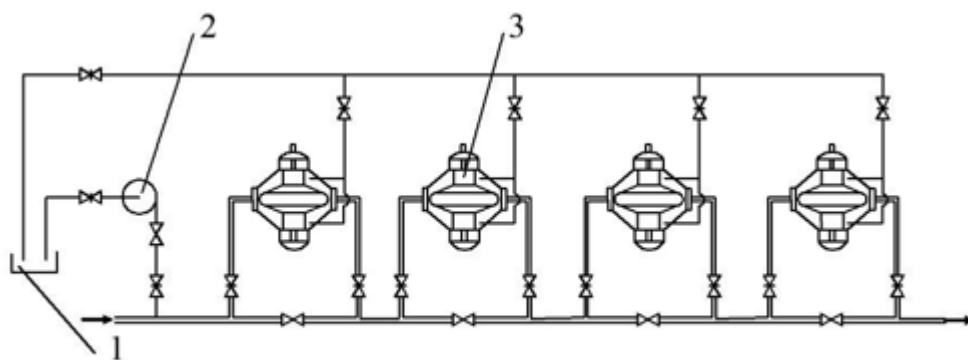


Рис.1.18. Технологическая схема обвязки насосов:

1 – емкость сбора утечек; 2 – насос для откачки утечек; 3 - основные насосы

Происходит циркуляция жидкости в камерах, позволяющая поддерживать давление и температуру в требуемых пределах.

Данный вариант также неэкономичен, так как связан с непроизводительной циркуляцией жидкости через насос по системе охлаждения и разгрузки.

Наиболее прогрессивен вариант разгрузки с использованием импеллера. Импеллер - втулка с винтовой нарезкой, устанавливаемая на вал насоса между рабочим колесом и концевым уплотнением в месте расположения щелевого уплотнения вала в корпусе насоса.

При вращении вала втулка также приходит во вращение и за счет винтовой нарезки создает поток жидкости от камеры уплотнения в сторону рабочего колеса, то есть в сторону области всасывания насоса. Этим давление в камере уплотнения снижается.

Охлаждение уплотнения достигается циркуляцией жидкости через его камеру. Для этого область на входе рабочего колеса насоса и камера уплотнения соединяются дополнительно небольшим каналом, по которому жидкость с входа рабочего колеса поступает в камеру, а из камеры вновь подается импеллером на вход колеса.

При данном варианте разгрузки к.п.д. насоса почти не снижается.

В настоящее время основным вариантом разгрузки концевых уплотнений является вариант с использованием импеллеров как наиболее простой и экономичный. Реализуется он непосредственно в

					Общая характеристика НПС	Л
И	Л	№ докум.	Подп	Д		19

конструкции насосов. Поэтому на современных НС магистральных нефтепроводов система разгрузки уплотнений почти повсеместно отсутствует.

Несмотря на недостатки первых двух вариантов разгрузки, они находят достаточно широкое применение на менее мощных насосах. В частности, индивидуальная схема охлаждения и разгрузки применяется на ряде насосов нефтебаз.

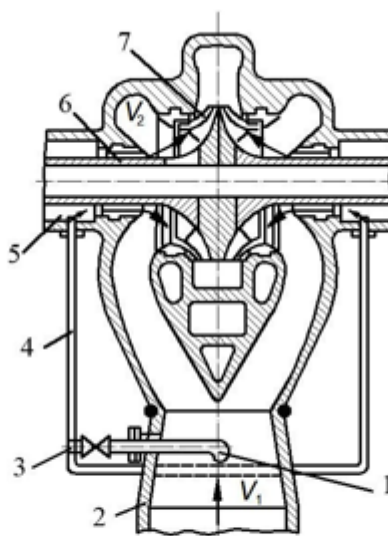


Рис.1.19. Индивидуальная система охлаждения торцевых уплотнений:  
1- отводная трубка; 2- корпус всасывающего патрубка; 3- клапан; 4- байпас; 5- торцевое уплотнение; 6- уплотнение; 7- полости всасывания колеса

Несмотря на недостатки первых двух вариантов разгрузки, они находят достаточно широкое применение на менее мощных насосах. В частности, индивидуальная схема охлаждения и разгрузки применяется на ряде насосов нефтебаз.

Существует еще более прогрессивная разновидность индивидуальной схемы охлаждения торцевых уплотнений, в которой используется разность давления в линии всасывания насоса и рабочего колеса. В этой схеме часть нефти по отводу (байпасу) 4, расположенному в корпусе 2 нагнетателя и имеющему меньшее гидравлическое сопротивление, чем основной коллектор, направляется на входы рабочего колеса не по основному тракту, а через каналы в теле

					Общая характеристика НПС	Л
И	Л	№ докум.	Подп	Д		19

торцевых уплотнений 5. При этом способе охлаждения КПД насоса не изменяется, поскольку нет возвратного перетока нефти из области нагнетания в область всасывания.

В настоящее время в насосах, перекачивающих нефть, нашла применение импеллерная (от англ. *impeller* — крыльчатка) схема охлаждения торцевых уплотнений. Вместо обычных щелевых уплотнений устанавливается втулка с винтовой нарезкой, вращающаяся вместе с валом насоса.

Действуя по принципу шнекового насоса, импеллер захватывает нефть из полости всасывания и нагнетает ее туда же в обратном направлении по каналу, проложенному в теле уплотнения. Установившаяся циркуляция нефти обеспечивает необходимое охлаждение торцевого уплотнения. В этой схеме КПД насоса также не снижается, поскольку исключены перетоки жидкости из области нагнетания в область всасывания. Для системы охлаждения используют преимущественно консольные одноступенчатые насосы, а также вихревые самовсасывающие насосы типов ЦВС, ВСМ.

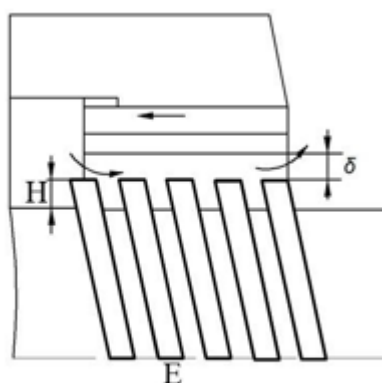


Рис. 1.20. Винтовой импеллер

Охлаждение уплотнений и подшипников (рис. 1.21) основных насосов 1, промежуточного вала 2, маслоохладителя 6, воздухоохладителя электродвигателя 3 осуществляется посредством теплообменников, в которых циркулирует холодная вода. Эта вода

					Общая характеристика НПС	Л
						19
И	Л	№ докум.	Подп	Д		

подается из градирни 4 водяными насосами 5 по нагнетательно-распределительной линии 8.

Отработавшая нагретая вода возвращается для охлаждения в градирню 4 по линии 7. Расход охлаждающей воды выбирают таким образом, чтобы ее температура не превышала 30 — 40 °С, так как при 45 °С начинается интенсивное выпадение солей, сужающих поперечное сечение каналов теплообменника и ухудшающих теплообмен. Повышенные требования предъявляются также к жесткости воды и наличию в ней механических примесей (последних не должно быть более 25 мг/л).

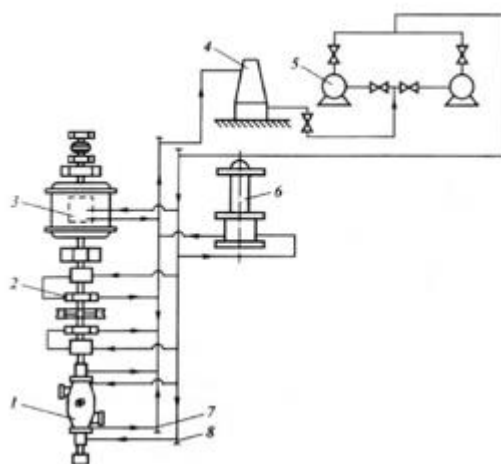


Рис. 1.21. Система охлаждения подшипников перекачивающих агрегатов

#### 1.2.4 Подпорная насосная станция ГНПС

Подпорные насосные станции оснащаются насосами НПВ (нефтяные, подпорные, вертикальные) центробежного типа, специально разработанными для нефтяной промышленности и предназначенными для транспорта нефти и нефтепродуктов с характеристиками, подобными тем, которые указаны для насосов типа НМ. Выполняются насосы НПВ по ТУ 26-06-1211-79.

Насосы типа НПВ комплектуются электродвигателями взрывозащищенного исполнения серии ВАОВ (вертикальный

					Общая характеристика НПС	Л
						19
И	Л	№ докум.	Подп	Д		

асинхронный обдуваемый). Опорами ротора электродвигателя являются подшипники качения с консистентной смазкой.

Насосы типа НПВ имеют климатическое исполнение У и рассчитаны на эксплуатацию при температуре окружающего воздуха от 223 К до 313 К. Отмеченное позволяет размещать насосы данного типа на открытых площадках, то есть помещать насосы без специальных защитных укрытий под уровнем земли, а приводящие их двигатели - под открытым небом. Это значительно сокращает затраты на сооружение подпорных станций.

Кроме того, подпорные станции с насосами НПВ ввиду особенностей конструкции насосов не имеют специальной системы смазки и системы сбора и откачки утечек. Это упрощает станции и дополнительно снижает затраты на их строительство и эксплуатацию.

Насосы НПВ являются современным типом подпорных насосных агрегатов. Они выпускаются взамен насосов типа НМП (нефтяной, магистральный, подпорный) по ТУ 26-06-989-75, которыми в настоящее время оснащено еще достаточно большое количество подпорных насосных станций.

Насосы НМП горизонтальные, предназначены для установки в закрытых помещениях и требуют размещения их в капитальных зданиях или специальных блоках. Это снижает потребительские свойства данных насосов по сравнению с насосами НПВ. В остальном у насосов сравниваемых типов много общего - насосы НМП, так же, как насосы НПВ, двухстороннего входа с предвключёнными колесами шнекового типа с обеих сторон рабочего колеса.

Опорами ротора насосов НМП служат подшипники качения с кольцевой смазкой. Охлаждение подшипников осуществляется перекачиваемой жидкостью. Концевые уплотнения ротора механические, торцевого типа.

Отмеченные особенности конструкций насосов НМП не требуют

					Общая характеристика НПС	Л
						19
И	Л	№ докум.	Подп	Д		

создания на подпорных станциях с данными насосами специальной системы смазки, но предполагают наличие системы сбора и откачки утечек.

Как отмечалось выше, подпорные станции служат для создания необходимого подпора перекачивающим агрегатам основной НС. Однако сами подпорные насосы, будучи машинами центробежного типа, также весьма чувствительны к кавитации и нуждаются в определенных мерах по предотвращению в них данного явления. Эти меры заложены в конструкции насосов и вытекают из следующих положений.

Критический кавитационный запас  $\Delta h_{кр}$ , или минимальный подпор, обеспечивающий центробежным насосам работу без кавитации, определяется формулой (3)

$$\Delta h_{кр} = 10 \cdot \frac{\sqrt{Q}}{C} \quad (1.5)$$

где  $\Delta h_{кр}$  - критический кавитационный запас, м;  $n$  - частота вращения ротора насоса,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $Q$  - производительность насоса,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $C$  - критерий кавитационного подобия насоса.

Из (4.5) следует, что любой центробежный насос требует тем меньший противокавитационный подпор, чем меньше частота вращения его ротора и чем меньше подача насоса. По этой причине все подпорные насосы, в том числе насосы типов НМП и НПВ, оснащаются рабочими колесами двухстороннего входа и проектируются на пониженную частоту вращения роторов – 1000 об/мин (НМП) и 1500 об/мин. (НПВ) против 3000 об/мин у основных насосов (НМ).

Для придания насосам НМП и НПВ большей противокавитационной устойчивости в их конструкции предусмотрены предвключённые колеса шнекового типа. Данные колеса выполняют двоякую роль. С одной стороны, они создают упорядоченное течение

					Общая характеристика НПС	Л
						19
И	Л	№ докум.	Подп	Д		

жидкости на входе рабочего колеса и тем самым снижают гидравлические потери в насосе, с другой - передают потоку энергию и восполняют значительную часть энергии, теряемой потоком на преодоление гидросопротивления всасывающего тракта насосов. Результатом всего этого является повышение критерия кавитационного подобия и уменьшение  $\Delta h_{кр}$  подпорных насосов.

Применение комплекса рассмотренных технических решений позволило снизить  $\Delta h_{кр}$  подпорных насосов до 2-4 м (против 20-80 м у основных насосов типа НМ) и обеспечить им бескавитационную работу при минимальных подпорах, отвечающих случаю откачки нефти из резервуаров.

### 1.2.5 Система контроля и защиты НСА

Для обеспечения надежной и безопасной эксплуатации основного и вспомогательного оборудования нефтеперекачивающие станции имеют разветвленную систему средств контроля работы, сигнализации и блокировки как отдельных перекачивающих агрегатов, так и станции в целом.

На рис. 1.24 представлена схема расположения точек измерения и автоматической защиты основного насосного агрегата.

Подача масла контролируется электроконтактным манометром 10, контакты которого включены в пусковые цепи электродвигателя, что препятствует его включению при отсутствии давления в линии смазки. Кроме того, падение давления в маслосистеме также вызывает остановку электродвигателя.

Тепловая защита корпуса б насоса предотвращает его длительную работу "на закрытую задвижку", а контроль за входящим и выходящим из электродвигателя воздухом защищает обмотку статора от перегрева (в летнее время) и образования конденсата (зимой).

					Общая характеристика НПС	Л
						19
И	Л	№ докум.	Подп	Д		



Эксплуатация электродвигателей, продуваемых воздухом при избыточном давлении, во взрывоопасных помещениях требует контроля. Сигнализатор 9 выдает разрешение на включение в работу агрегата. Герметичность торцевого уплотнения контролирует датчик 1, который обеспечивает защиту в случае резкого увеличения утечек.

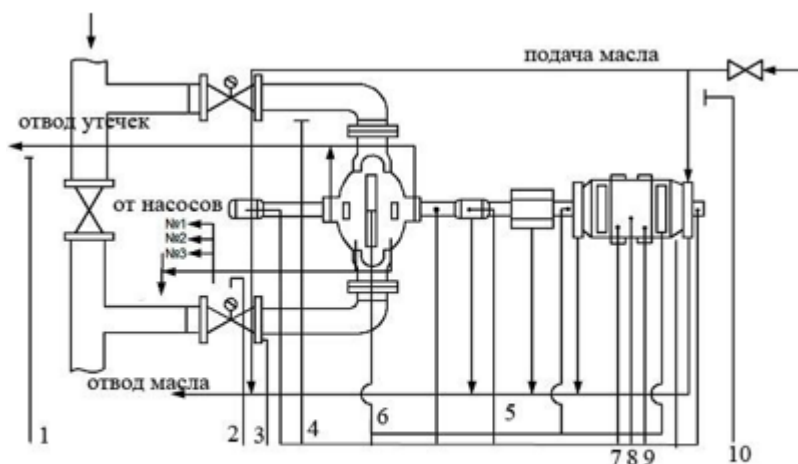


Рис. 1.24. Схема расположения точек измерения и автоматической защиты основного агрегата

### 1.3 Конструктивная схема и принцип действия центробежных насосов

Насос – гидравлическая машина, предназначенная для перемещения жидкостей с передачей им энергии.

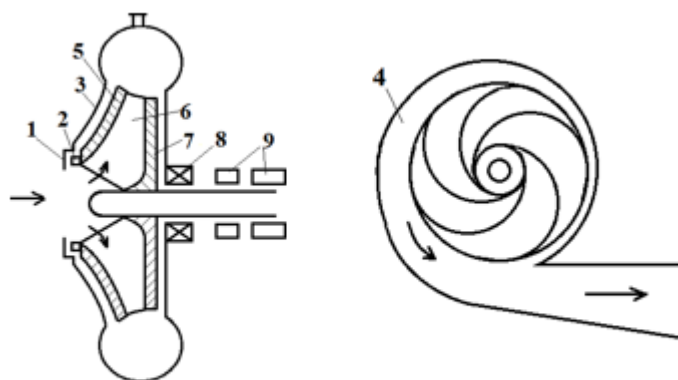


Рис. 1.27. Рабочее колесо.

Рабочее колесо состоит из: основного диска 7, отливки вместе со ступицей, лопастей 6 и переднего диска 5. Лопасты обычно

					Общая характеристика НПС	Л
И	Л	№ докум.	Подп	Д		19

отливаются заодно целое с основным диском. Передний диск может отливаться заодно целое со всем колесом, либо крепиться к лопастям заклёпками. Опорой ротора служат подшипники 9, это для насосов небольшой мощности – подшипники качения, у мощных – скольжения. Один из них обязательно радиально-упорный для восприятия несбалансированных осевых сил.

Корпус состоит из подвода 1, собственного корпуса 3 и отвода 4. Подвод 1 служит для подвода жидкости к входному отверстию рабочего колеса. Отвод 4 предназначен для приёма жидкости с выхода рабочего колеса и отведения её в нагнетательный патрубок 10. Корпус имеет два вида уплотнений. Переднее уплотнение 2 и концевое уплотнение 8.

Переднее уплотнение 2 служит для предотвращения перетока жидкости с выхода колеса на его вход через зазор между корпусом 3 и передним диском 5. Концевое уплотнение требуется для предотвращения утечек жидкости из корпуса в месте выхода из него вала.

Всё, что слева от уплотнения 8 – гидравлическая часть насоса (проточная). Справа – механическая часть насоса.

### 1.3.1 Классификация центробежных насосов

- По техническим характеристикам;
- По конструктивным признакам.

В основу классификации по техническим характеристикам положен коэффициент быстроходности:

$$n_s = 3,65 \frac{n\sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}} \quad (1.6)$$

$n$  – частота оборотов ротора [об/мин]

$Q$  – производительность насоса [м<sup>3</sup>/сек]  $H$  – напор насоса [м]

					Общая характеристика НПС	Л
						19
И	Л	№ докум.	Подп	Д		

Для насосов с рабочим колесом двухстороннего входа вместо  $Q$  подставляется  $Q/2$ . Для многоступенчатых насосов вместо  $H$  – напор одной ступени.

$n_s$  – это своеобразный критерий гидродинамического подобия насосов.

Исходя из численного значения коэффициента быстроходности центробежные насосы подразделяются на:

- тихоходные (40 – 80)
- нормальной быстроходности (80 – 150)
- быстроходные (150 – 300)

По мере увеличения  $n_s$  центробежные насосы преобразуются в диагональные, затем в осевые

- у диагональных (300 – 600)
- у осевых (600 – 900)

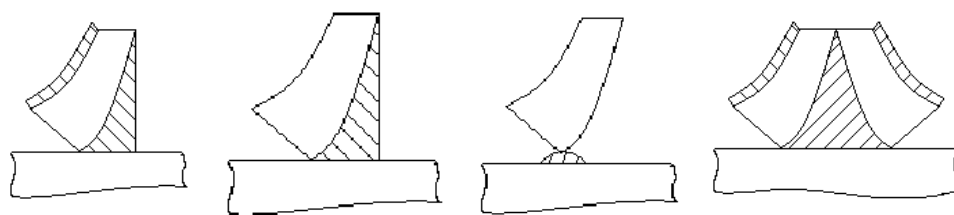
В основу классификации центробежных насосов по конструктивным признакам заложены:

1. Конструкция рабочего колеса;
2. Расположение рабочего колеса относительно опор ротора;
3. Количество ступеней в насосе;
4. Расположение оси ротора насоса в пространстве;
5. Конструкция корпуса насоса;
6. Тип концевой уплотнения насоса;
7. Наличие и способ осуществления разгрузки ротора насоса от осевых сил.

Рабочие колёса у центробежных насосов могут быть:

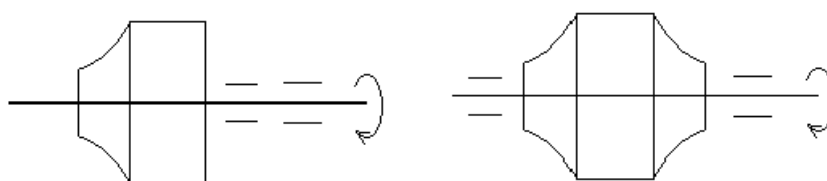
- a) закрытыми
- b) полуоткрытыми
- c) открытыми (оба диска отсутствуют)

					Общая характеристика НПС	Л
						19
И	Л	№ докум.	Подп	Д		



а б. с  
Рис 1.28. Рабочие колёса у центробежных насосов

Кроме того колёса могут быть с односторонним входом (а, б, с) и двухсторонним



а б  
Рис 1.29. Расположение рабочего колеса на валу относительно опор ротора

По расположению рабочего колеса на валу относительно опор ротора различают насосы консольные (а) и со средним расположением колеса (б).

По расположению оси ротора насоса в пространстве различают насосы горизонтальные (все ранее рассмотренные) и вертикальные.

По конструкции корпуса насосы подразделяются на спиральные и секционные, а также на насосы с разъемом корпуса в горизонтальной и вертикальной плоскости.

Спиральные насосы имеют корпус улиткообразный спиральной формы. Они, как правило, одноступенчатые. Секционные обычно многоступенчатые, каждая ступень находится в отдельной секции. Корпус таких насосов имеет вид цилиндра, разделённого вертикальными разрезами по отдельной секции.

Таким образом, у секционных насосов разъем корпуса обычно в

					Общая характеристика НПС	Л
						19
И	Л	№ докум.	Подп	Д		

вертикальной плоскости по границам секций. У спиральных насосов разъем корпуса может быть как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости. Разъем корпуса в вертикальной плоскости характерен для консольных насосов, а в горизонтальной плоскости – для насосов со средним расположением колес

					Общая характеристика НПС	Л
И	Л	№ докум.	Подп	Д		19

## 2. Классификация муфт

Разнообразие требований, выдвигаемых к муфтам, и разные условия их эксплуатации обусловили создание большого конструкционного колорита муфт, которые обычно классифицируют по разным признакам на группы [1].

По принципу действия:

- 1) не управляемые (постоянные) муфты, обеспечивающие постоянное соединение, и передачу момента от одного вала к другому;
- 2) управляемые муфты, позволяющие в процессе работы механизма осуществлять контроль за подачей момента на ведомый вал при помощи систем управления;
- 3) самоуправляемые муфты, автоматически выходящие из зацепления в ходе изменения заданных режимов работы механизмов [2].

По характеру работы:

- 1) глухие (жесткие) муфты, неподвижно зафиксированные между собой, вследствие чего не компенсирующие ошибки при изготовлении и монтаже оборудования;
- 2) упругие муфты, позволяющие не только компенсировать смещение валов, но так же снизить динамичность нагрузок и амортизировать колебания, возникающие при работе передач машин [3].

Группы:

- 1) механические,
- 2) гидравлические,
- 3) электрические.

					Разработка технических решений направленных на повышение эксплуатационных свойств муфтовых соединений							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								
Разраб.		Кузибоев Б.Б.			Классификация муфт			Лит.	Лист	Листов		
Руковод.		Рудаченко А.В								18	167	
Консульт.								ТПУ гр. 2Б6Б				
Рук-ль ООП		Брусник О.В										

2.1 Жесткие муфты

Глухие муфты применяют для непрерывно-жесткого соединения валов находящихся на одной оси образуя тем самым жесткую линию. Относятся к постоянным муфтам. Они нашли применение в передачах, где происходит переменная скорость вращения в режиме частого пуска. Из разнообразия видов муфт этого рода наибольшее распространение получили фланцевые и втулочные муфты [1].

Втулочная муфта представляет собой цилиндровую втулку, посаженую на концы валов (рисунок 1). Применяются эти муфты в основном для передачи момента на валах диаметром до 100 миллиметров, а соединение вала смуфтой происходит при помощи шпонок и шлицев. Достоинством муфты является ее дешевизна и простота в изготовлении, а недостатком сложность при монтаже и демонтаже [4].

Рекомендованный материал втулки — сталь 45. Втулочную муфту выбирают по стандарту ГОСТ 24246-96 или по нормам машиностроения.



- а) втулочная муфта со штифтом;
  - б) втулочная муфта со шпонкой;
  - в) общий вид втулочной муфты
- Рисунок 1 — Втулочные муфты

					Классификация муфт	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Поперечно-свертная (фланцевая) муфта состоит из двух полумуфт посаженных на концы валов, и закрепленных между собой при помощи болтов. Полумуфты могут быть стянуты болтами с зазором или без него (рисунок 2). При установке болта без зазора крутящий момент от ведущего вала к ведомому будет передаваться за счет сил трения действующих на соприкасающиеся поверхности полумуфт, а основной нагрузкой крепежа будет растяжение. В случае, когда зазор присутствует должны быть произведены расчеты на срез, так как момент вращения передается исключительно через крепежное изделие.

**Достоинством** этого вида муфт можно считать удобство монтажа и демонтажа, надежность и точность соединения. Передача больших крутящих моментов.

**Недостатком** является то, что выдвигаются большие требования к соосности валов и их частей. В том числе подгонка полумуфт. Иначе будут неизбежны напряжения на изгиб вала, его радиальное биение и возрастание нагрузки на опоры. Материал полумуфт Сталь 40 и Сталь 35Л, допускается также изготовление из чугуна СЧ40. Применяют этот вид муфт на валах до 250 миллиметров и частотах вращения  $1000 \text{ мин}^{-1}$  и больше, при условии не больших диаметров валов [1].

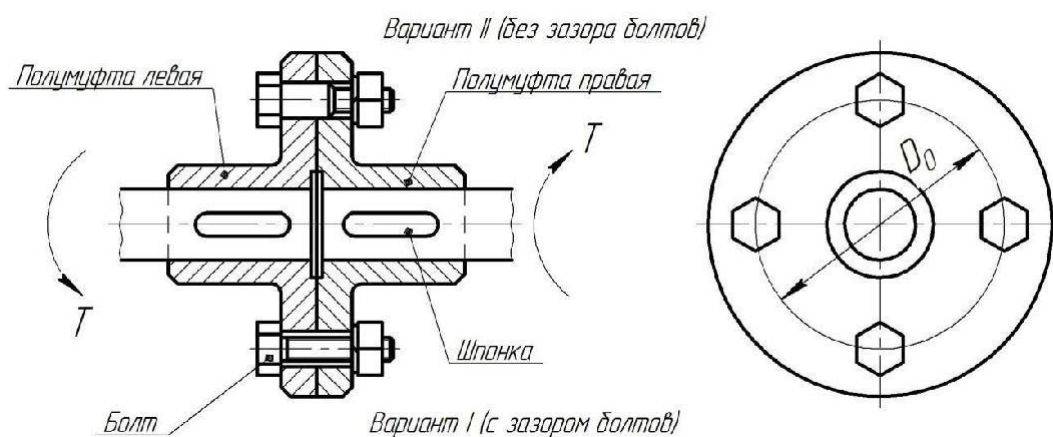


Рисунок 2 — Фланцевая муфта

					Классификация муфт	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

## 2.2 Жесткие компенсирующие муфты

Жесткие компенсирующие муфты позволяют при соединении двух валов с компенсацией разных видов отклонений от их номинального расположения (рисунок 3а), таких как продольное смещение (рисунок 3б), радиальное смещение (рисунок 3в), угловое смещение (рисунок 3г), комбинированное смещение (рисунок 3д). муфты данного типа приводят к соосности валов за счет подвижности жестких элементов или деформации упругих деталей.

**Достоинством** этих муфт является уменьшение нагрузок на валы и подшипники, вызванных погрешностью в соосности валов. Наиболее распространены муфты данной группы цепные, зубчатые и шарнирные виды.

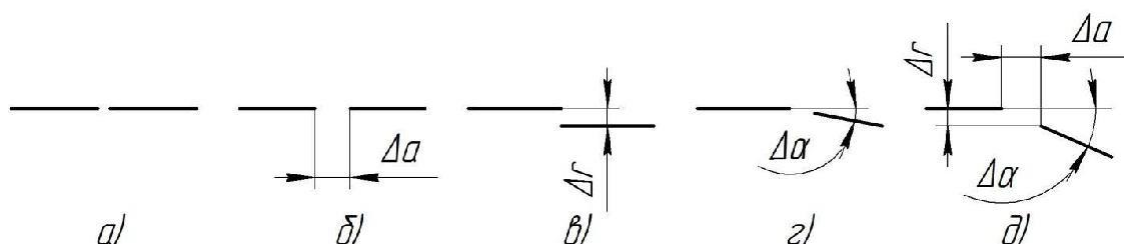


Рисунок 3 — Виды смещений валов

Зубчатые муфты применяются для соединений валов диаметром от 40 до 500 миллиметров. Муфта состоит из двух половин 1 и 2 с наружными зубьями и двух полу муфт обоймы 3 и 4 с зубьями находящимися внутри и производящими зацеп с с зубьями полу муфт (рисунок 4). Зубья полу муфт и полуобойм выполняют с эвольвентным профилем [4].

					Классификация муфт	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

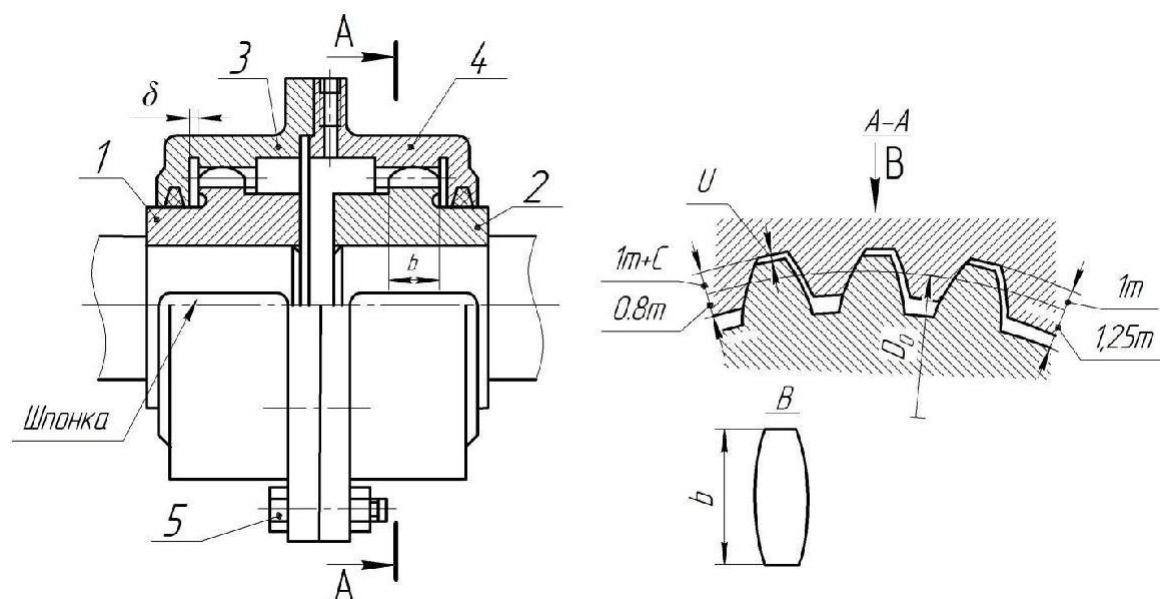


Рисунок 4 — Зубчатая муфта

Полумуфты 1 и 2 и полуобоймы 3 и 4 изготавливаются из стали 40Х, 45 или из стального литья 45Л. Валы соединяются с полумуфтами шпоночным или шлицевым соединением. Полуобоймы 3 и 4 соединяются жестко прецизионными болтами 5.

**Достоинства** зубчатых муфт: небольшие габариты и масса; большая нагрузочная способность; высокие окружные скорости; способность компенсировать все виды несоосности валов [5]. Зубчатые муфты гасят любые погрешности в несоосности валов при помощи сферической эвольвенты зубьев.

Цепные муфты применимы в соединениях вала с диаметрами от 20 до 150 мм при передаче вращающего момента от 60 до 8000 Нм с частотой вращения  $500 \dots 1600 \text{ мин}^{-1}$ . Муфта состоит из двух полумуфт (звездочек) с одинаковым числом зубьев и охватывающей их общей цепи и кожуха. Охватывающая цепь может быть однорядной или двухрядной

					Классификация муфт	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

. **Достоинства** цепной муфты: простота конструкции и обслуживания; надежность работы; технологичность изготовления; малые габариты и масса; удобный монтаж и демонтаж; способность компенсировать радиальных и угловых смещений валов [3].

**Недостатки:** наличие угловых зазоров и мертвого хода; не рекомендуются в реверсивных передачах и при динамических нагрузках. Полумуфты изготавливаются из стали 45 и 45Л и передают крутящий момент посредством шпоночных соединений. Цепь подбирается роликовая по ГОСТ 13568 – 75 [5].

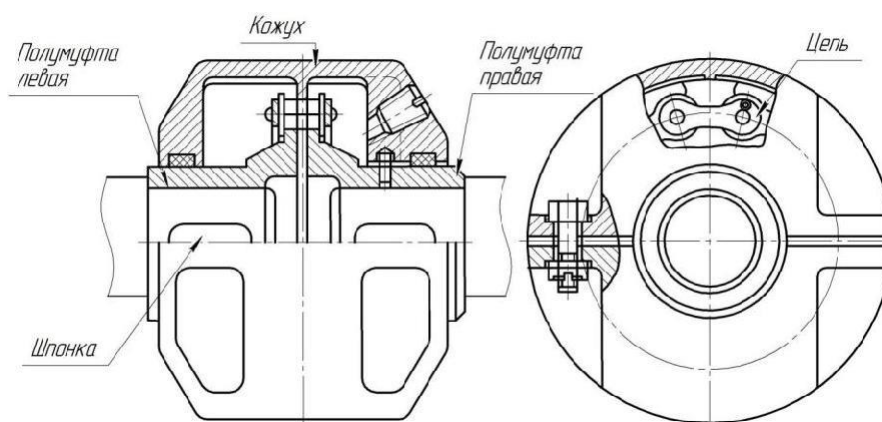


Рисунок 5 – Цепная муфта

					Классификация муфт	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

## 2.3 Компенсирующие упругие муфты

Упругие муфты относятся к виду постоянных муфт. Основа этих муфт — упругий элемент, передающий крутящий момент от одной полумуфты к другой.

Упругие муфты служат для компенсации динамических нагрузок, а также позволяют избежать резонансных колебаний и в некоторой степени смягчить несоосность валов [1]. Основные характеристики упругих муфт — жесткость или (обратная ей величина) податливости и демпфирующая способность.

В зависимости от материала из которого изготовлена упругая муфта этот вид можно разделить на муфты с неметаллическими и металлическими

упругими элементами. По исполнению муфтам данного вида присуще разнообразие. Учитывая материал изготовления их можно поделить на два вида:

в исполнении с элементами из металла рисунок 7 а — г, и полимерными или резиновыми упругими элементами рисунок 6 а — г.

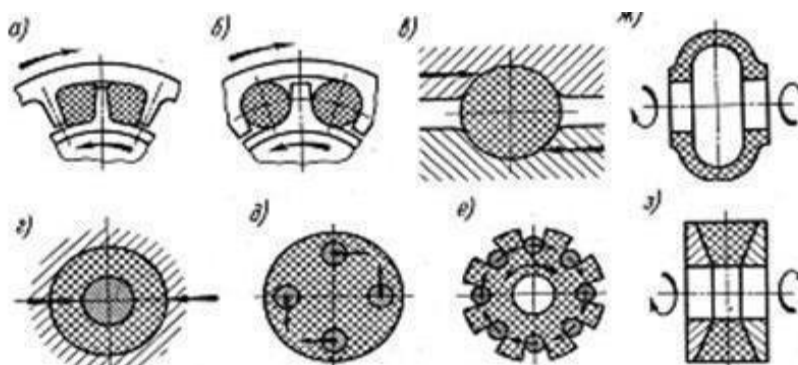


Рисунок 6 — Основные виды упругих соединительных элементов муфт

					Классификация муфт	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

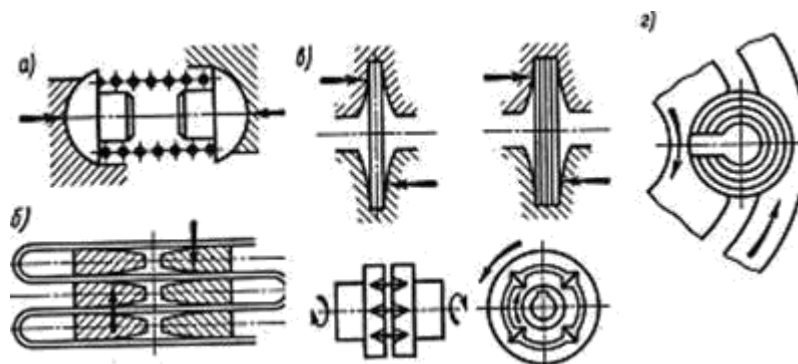
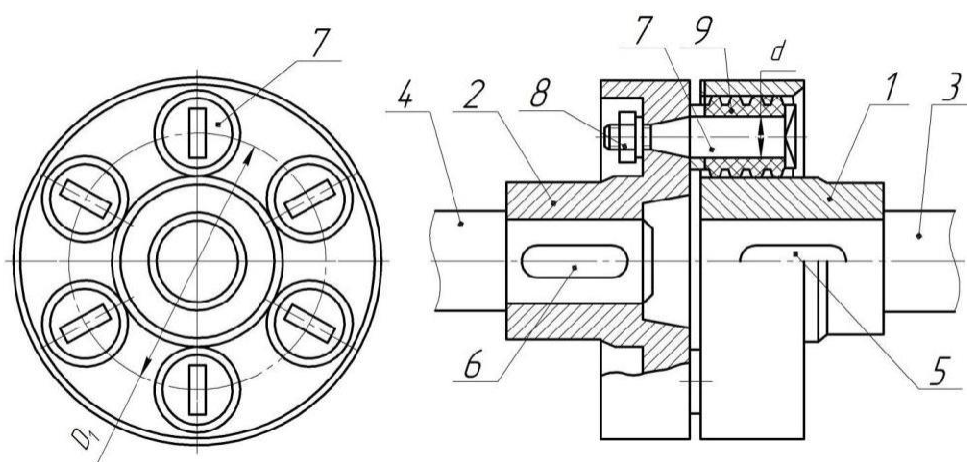


Рисунок 7 — Основные виды упругих металлических элементов муфт

Упругая муфта втулочно-пальцевая (МУВП) изготавливается из пары дисковых полумуфт 1 и 2, насаженных на концы валов 3 и 4 со шпонками 5 и 6, стальных пальцев 7, закрепленных в одной из полумуфт с посадкой на конус гайками 8; упругих резиновых втулок 9 рисунок 8. Отверстия в полумуфтах могут быть коническими. Для изготовления частей полумуфт используют материалы – чугун СЧ20, сталь 35 или 35Л, а для пальцев — сталь 45 [6].

Из-за малого диаметра резиновых частей муфта обладает низкими компенсирующими свойствами. Вследствие этого при несоосности валов долговечность резиновых втулок сильно снижается. Муфта широко используется для передачи момента в машинах с электроприводом.

**Достоинством** является отсутствие сложности и дешевизна изготовления резиновых деталей муфты. Муфту подбирают по ГОСТ в размерности валов  $d=16...150$  мм [5].



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

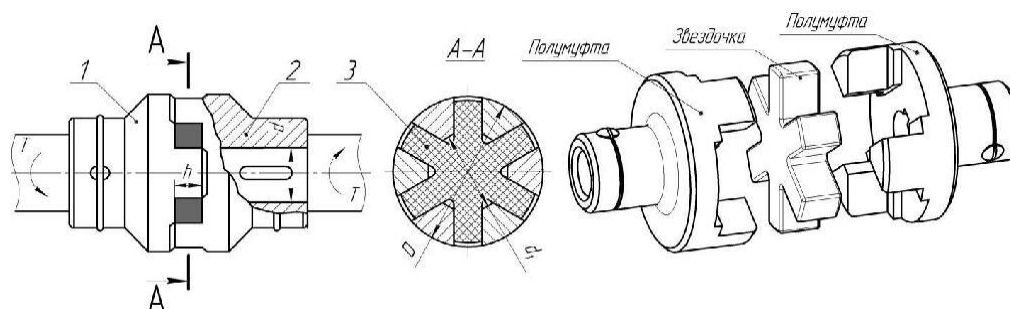


## Рисунок 8 — Втулочно-пальцевая упругая муфта

Упругая муфта со звездочкой собирается (рисунок 9) из двух частей 1 и 2, и входит в зацеп при помощи торцовых кулачков и звездочки 3. Полумуфты 1

2 образуют с валами шпоночные или шлицевые соединения.

и       Материал изготовления Ст 3. Размерность подбирают по нормативным таблицам. Достоинства муфты: отсутствие сложности монтажа, компенсирование несоосности, хорошие эксплуатационные характеристики. **Недостатками** являются: малые диаметры валов, относительно маленький передаваемый момент, размыкание валов при установке резинового элемента [6].



## Рисунок 9 — Упругая муфта со звездочкой

Упругая муфта с торообразным демпфирующим элементом состоит из двух полумуфт 1 и 2 (рисунок 10), торообразной оболочки 3, и пары крепежных колец 4, закрепляющих при помощи крепежных изделий 5 резиновую часть. Эта муфта имеет высокие способности компенсировать радиальные и угловые смещения валов, служит защитой от шума и изолирует электрические части привода.

**Недостатком** муфты являются ее габариты. Применима в случаях трудности в совмещении валов соосно, а так же при изменяющихся и ударных режимах эксплуатации [

					Классификация муфт	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

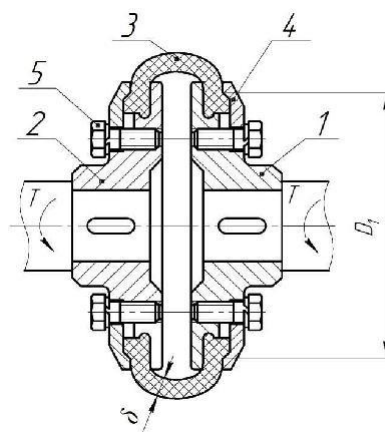


Рисунок 10 — Муфта упругая с торообразной оболочкой

Муфта с пружинами в виде цилиндров. Пример конструктивного исполнения приведен на (рисунке 11). Пружины 4 устанавливаются на пальцы сегментов 5 сжатыми, таким образом чтоб одной стороной они упирались в сегменты полумуфты 3, а другим — на сегменты полумуфты. В ходе передачи крутящего момента посадка части от всех пружин возрастает, а второй части — уменьшается. Сегменты могут качательно двигаться на пальцах 2 вследствие чего изготавливаются из износостойких полимеров или чугуновых сплавов. Осуществляя подбор пружин из сортамента, жесткость муфты может имет большой диапазон [1].



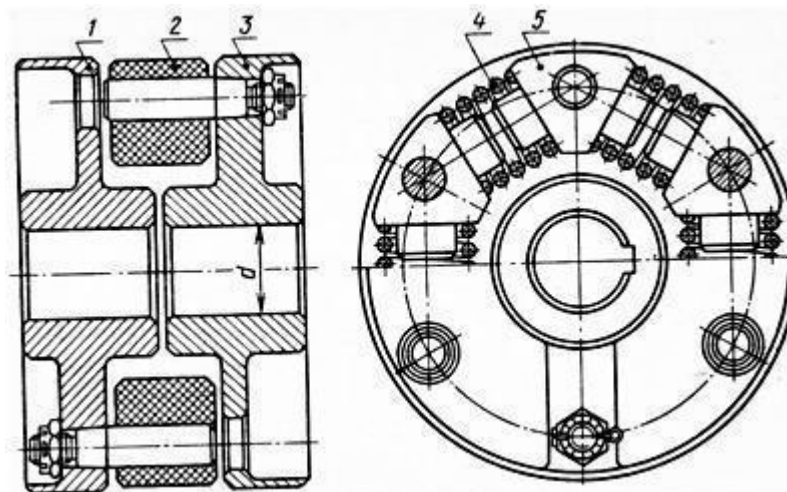


Рисунок 11 — Муфта с пружинами цилиндрической формы

Муфта зубчато-пружинная изготавливается из пары взаимозаменяемых, ведущей 3, и ведомой 4 полумуфт, снабженных зубьями, в которые вкладываются секции змеевидной пружины 4 (рисунок 12). Для осевой и радиальной фиксации пружины используются полукожухи 1 и 6, которые в свою очередь соединяются болтами 7, вкручиваемые в отверстия с резьбой, расположенные на полукожухе 1.

Профилированием боковых рабочих поверхностей зубьев можно варьировать постоянную и переменную жесткость муфты при изготовлении [8]. Материал полумуфт — сталь 40 или 45Л, материал пружин — сталь 65Г. Кожух отливают из чугуна СЧ15.

**Достоинством** данной муфты считается высокое компенсирование радиальных нагрузок, надежность и долговечность. Используется для передачи высоких крутящих моментов.

					Классификация муфт	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

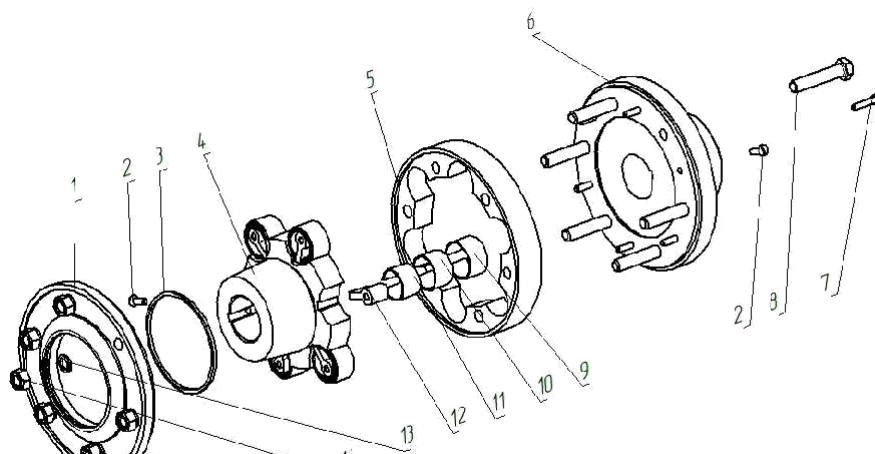


Рисунок 12 — Муфта зубчато-пружинная

## 2.4 Сцепные муфты

Сцепные или управляемые муфты используются для зацепления и выхода из него валов при передаче крутящего момента двигателем. Их используют в механизмах с необходимостью изменения режимов работы, таких как коробки передач [6]. Применяются при строгой соосности валов. Передача крутящего момента осуществляется по средствам зацепления, в случае кулачковых или зубчатых муфт, или при помощи сил трения в фрикционных муфтах. Главным критерием для сцепных муфт является простота и скорость включения при помощи незначительного усилия, кроме того они не должны нагреваться и быть достаточно надежными при постоянных переключениях [7].

Муфты кулачковые изготавливаются из пары полумуфт 1 и 2 на которых расположены специальные выступы (кулачки) 4, в ходе зацепления которых и передается крутящий момент (рисунок 13).

Втулка 5 используется для центрации валов. Полумуфта 1 неподвижна, а полумуфта 2 в свою очередь перемещается в пазу 3 [2].

**Достоинствами** кулачковых полумуфт являются: простота, малые габариты и отсутствие относительного поворота соединяемых валов.

**Недостатками** являются: отсутствие плавности включения и выключения (включение и выключение муфты при относительном вращении валов вызывают удары); точное центрирование валов.

Размеры муфт принимают по таблицам нормалей машиностроения [1].					Лист
Классификация муфт					9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

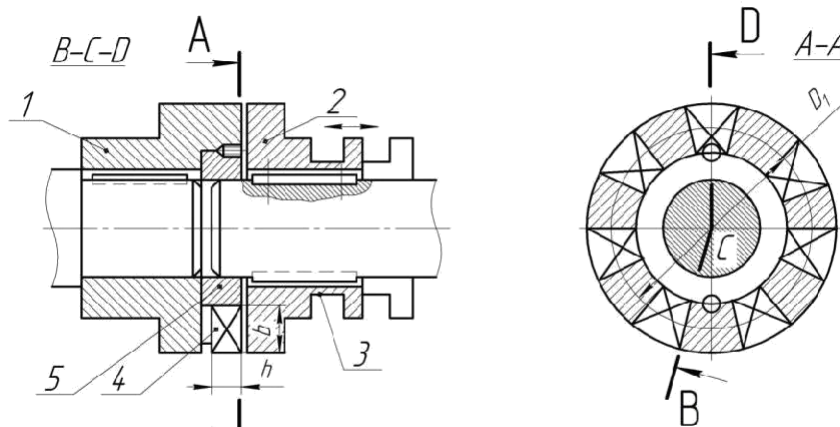


Рисунок 13 — Кулачковая муфта

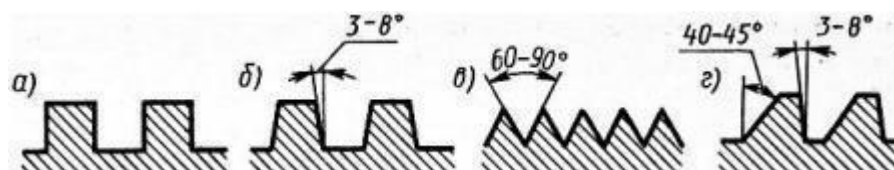


Рисунок 14 — Профили кулачков муфт сцепления

Муфты фрикционные управляемые используются для постепенной передачи момента на валы в ходе действия нагрузки при наличии вращения валов. В муфтах фрикционных передача крутящего момента от одного вала к другому происходит за счет сил трения. Из управляемых механических муфт они наиболее распространены. По форме рабочих поверхностей различают цилиндрические, конические, дисковые (Рисунок 15).

**Достоинства:** плавное включение и выключение; предохранительные свойства. **Недостатки:** непригодность в тех случаях, когда требуется строгое совпадение угловых скоростей соединяемых валов [9].

Однодисковая муфта применяется относительно редко, материал рабочих деталей (полумуфты) сталь 45, 40Х или чугун СЧ35 (чугун по чугуну или чугун по закаленной стали). Одна полумуфта 1 на валу неподвижна, вторая полумуфта 2 имеет осевые перемещение для прижатия к первой полумуфте с силой. (Рисунок 15а). Конические фрикционные муфты отличаются той особенностью, что при прочих

					Классификация муфт	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

равных условиях требуют меньших усилий прижатия, но требуют высокой точности соосности валов. От действия силы на коническую поверхность возникают силы трения, которые обеспечивают передачу крутящего момента (Рисунок 15б) [8].

Многодисковая фрикционная муфта нашла широкое распространение, особенно в станкостроении. Она состоит из двух неподвижных полумуфт 1 и 9, нескольких наружных 3 и внутренних 4 дисков, двух упорных колец 2 и 5, упорных гаек 6, механизма включения муфты и подвижной втулки 8. Наружные диски соединяются с полумуфтой 1, а внутренние 4 – с полумуфтой 9. При включении муфты между дисками образуются силы трения, которые способствуют передаче крутящего момента от одной полумуфты к другой (Рисунок 15в). Основные размеры многодисковых муфт принимают по таблицам нормали машиностроения МН 5664 – 65 [3]. Имеются муфты с электромагнитным, гидравлическим, пневматическим и механическим управлением. На (Рисунке 15в) показана многодисковая муфта с механическим управлением. Передвигая втулку 8 налево, рычажная система 7 механизма включения зажимает диски и полумуфты 1 и 9 включаются и передают крутящий момент от вала 10 на вал 11 или наоборот [7].

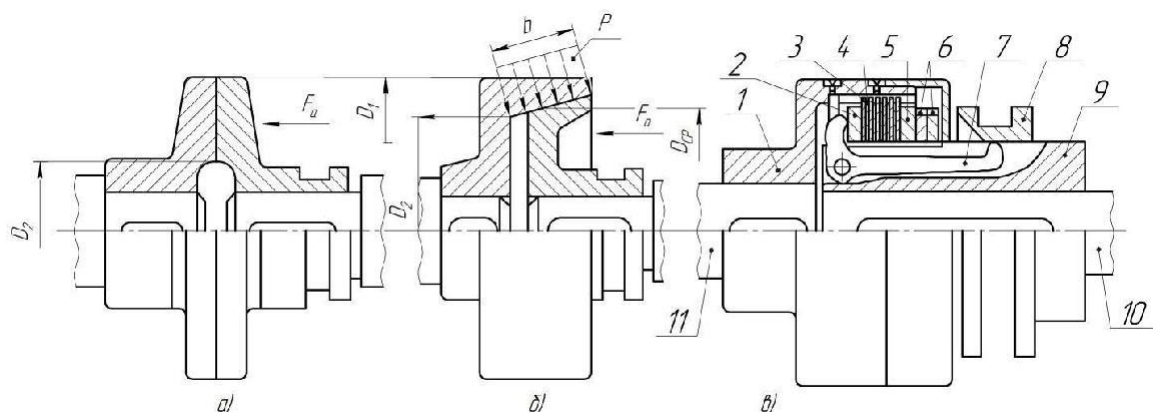


Рисунок 15 — Виды фрикционных управляемых муфт

					Классификация муфт	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

## 2.5 Муфты самоуправляемые автоматические

Муфты данного типа обычно используются для приведения в зацеп и выведения из него валов машин в случаях изменения расчетного режима работы механизма, без участия оператора. Различают следующие механические муфты: предохранительные для защиты машин от перегрузок; обгонные (муфты свободного хода) для передачи момента только в одном направлении; центробежные для автоматического включения или выключения при определенной частоте вращения ведущего вала [8].

Муфты свободного хода или обгонные, используются при передачах крутящей силы в единственном направлении движения. Эти муфты автоматически сцепляют и расцепляют валы в зависимости от соотношения частоты вращения валов. На (рисунке 17) показана наиболее распространенная муфта свободного хода – обгонная фрикционная с роликами. Обгонная муфта (муфта свободного хода) состоит из двух полумуфт – звездочки 1 и обоймы 2 – роликов 3, расположенных в пазах между звездочкой и обоймой. Каждый ролик отжимается пружиной 4 в сужающуюся часть паза. Если ведущая полумуфта – звездочка, то сцепление валов может происходить только при вращении ее по часовой стрелке, а если ведущей является обойма, то крутящий момент передается через шпонку 5 звездочке, когда обойма вращается против часовой стрелки. Щеки 6 в форме шайб не дают роликам выпасть из обоймы. Размеры муфты принимают по нормали машиностроения МН 3 – 61. Основопологающий фактор для работы роликового вида муфт выражается в контактной прочности рабочих поверхностей роликов и полумуфт.

					Классификация муфт	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

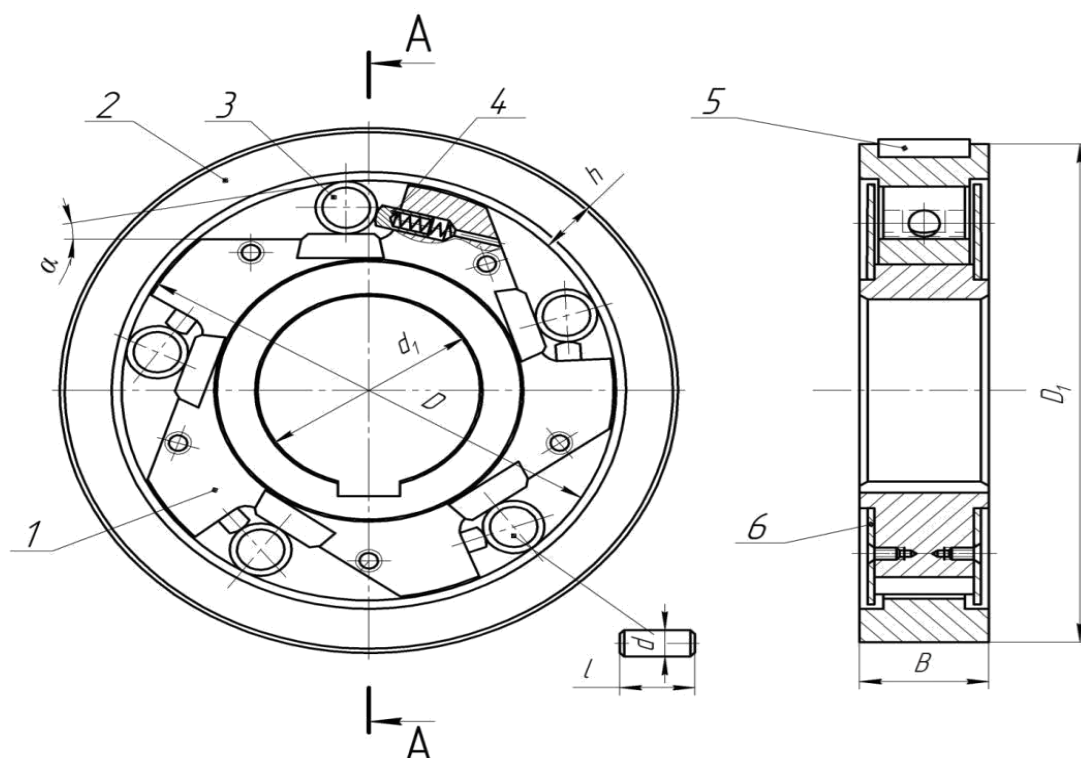


Рисунок 17 — Муфта свободного хода (МН – 61)

Центробежные муфты служат для автоматического включения и выключения муфты при определенных угловых скоростях за счет действия

центробежных сил. В технике встречаются муфты различной конструкции. Рассмотрим пример простейшей центробежной муфты (рисунок 18). Полумуфты 1 и 2 установлены на ведущем и ведомом валах (на рисунке валы не показаны) и с помощью шпонок передают крутящий момент полумуфтам посредством колодок 3 с фрикционными накладками 4. При определенной угловой скорости на колодку действуют центробежная сила и сила тяжести колодки. Сцепление колодок, находящихся на полумуфте 1, с полумуфтой 2 может быть при условии что центробежная сила больше силы тяжести колодки. Муфты эти автоматически соединяют валы, когда угловая скорость превысит некоторое заданное значение [10]. Поэтому они являются самоуправяемые по угловой скорости. При достижении ведущим валом определенной частоты вращения центробежные силы, действуют на



колодку преодолевают силы тяжести и прижимают эти колодки к другой полумуфте; в результате чего полумуфты и соединяемые ими валы сцепляются и передают крутящий момент. По устройству центробежные муфты представляют собой фрикционные муфты, у которых механизмом управления служат грузы – колодки (рисунок 18), находящиеся под действием центробежных сил. Размерность муфты подбирают исходя из конструкции машины [1].

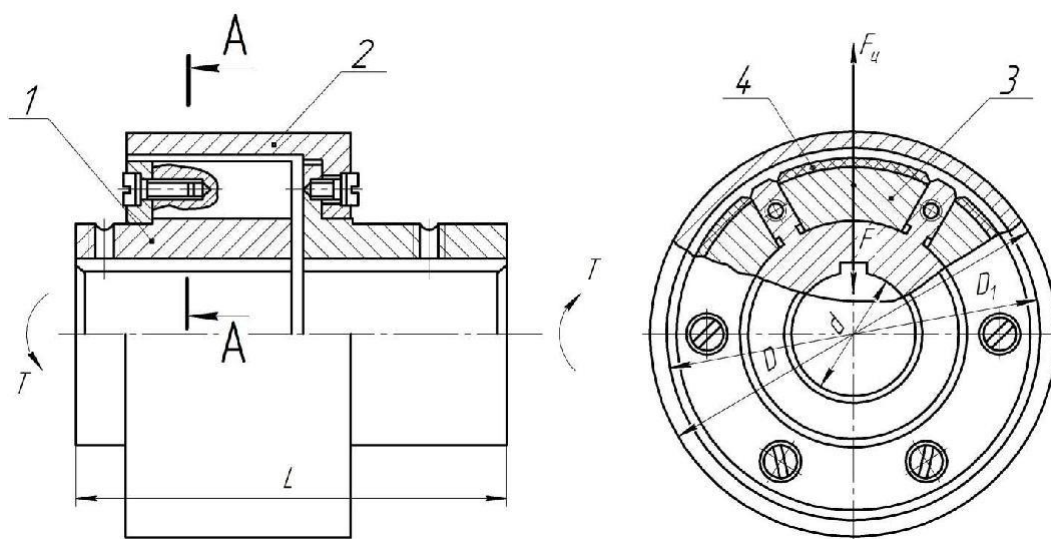


Рисунок 18 — Конструкция простейшей центробежной муфты

Муфты предохранительные используются для изоляции механических частей агрегатов и машин от чрезмерных перегрузок.

Обычно муфты располагают в непосредственной близости к местам с наибольшей вероятностью избыточных напряжений при условии максимального соблюдения соосности соединяемых элементов [10]. Предохранительные муфты подразделяются на муфты с разрушаемым и не разрушаемыми элементами, а так же по принципу работы данные изделия можно разделить на предохранительные кулачковые, муфты со срезными штифтами и муфты предохранительные шариковые и фрикционные (рисунок 19). Муфта со срезными штифтами (рисунок 19а) состоит из двух дисковых полумуфт 1 и 2, которые соединены между собой стальными штифтами 3. Штифты

заклучены в стальные каленые втулки 4. **Достоинства:** простота конструкции и небольшие габариты.

**Недостатки:** невысокая точность срабатывания; постепенное снижение прочности штифта из-за усталостных напряжений; необходимость замены штифтами после срабатывания; строгая центровка валов.

Выбранную по таблицам нормалей муфту проверяют на работоспособность: определяют возможный крутящий момент или необходимый диаметр штифта. Муфты рекомендуются при малых вероятностях больших перегрузок [11].

Муфта предохранительная кулачковая (рисунок 19б) состоит из полумуфт 1 и 2, которые входят в зацепление с помощью кулачков 5 на торцах полумуфт (кулачки трапецеидальной формы с углом профиля  $\alpha=40^\circ$ ). Полумуфта 2 постоянно прижата к первой путем прижатия нескольких пружин

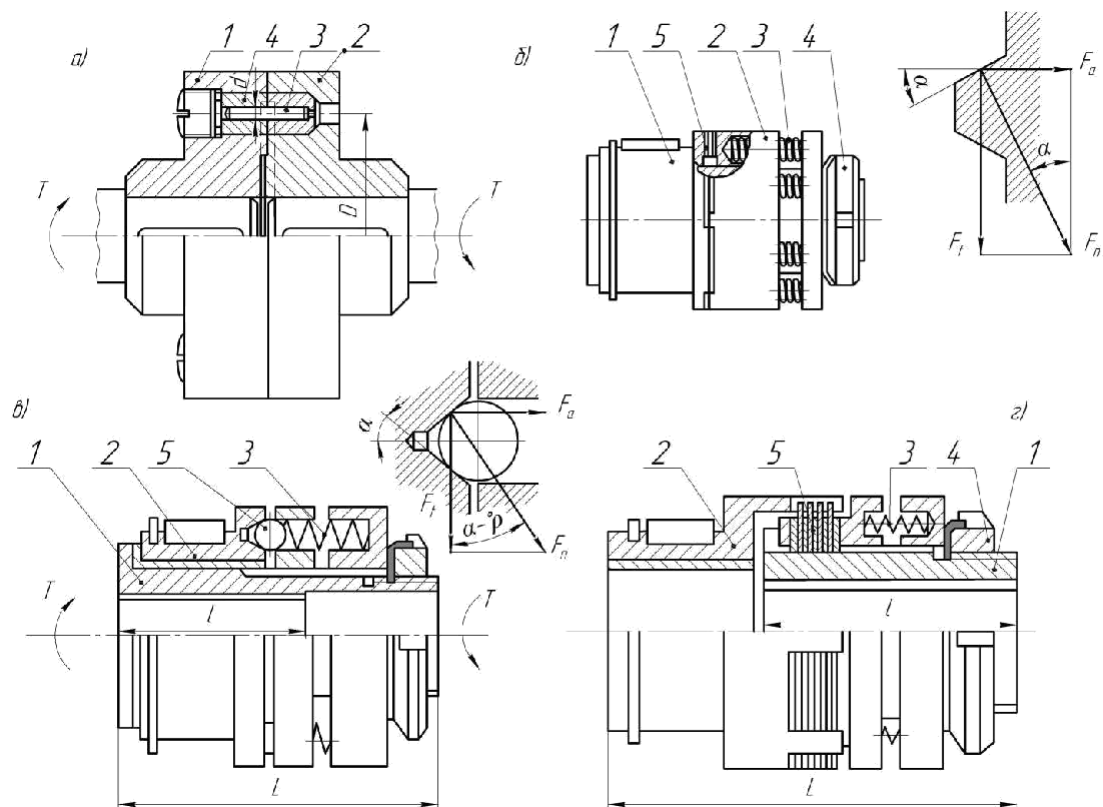
3. Сила прижатия регулируется гайкой 4. При передаче крутящего момента действует окружное усилие стремящееся раздвинуть полумуфты (выключить муфту). Эта сила должна уравниваться силой прижатия пружин 3. В соответствии с силой подбирают пружины 3, осадку их регулируют гайкой 4.

**Недостатком** предохранительных кулачковых муфт является большой шум при перегрузках (удары кулачков). Поэтому при высокой частоте вращения такие муфты не рекомендуются [15].

Муфты предохранительные шариковые (рисунок 19в) и фрикционные дисковые (рисунок 19г) работают аналогично кулачковым с той разницей, что их соединение полумуфты 1 и 2 происходит шариками и дисками фрикционными 5. **Постоянное** прижатие полумуфт обеспечивается пружинами

Необходимое усилие прижатия осуществляется сжатием пружин гайками 4. В шариковых муфтах трение скольжения в кулачковых муфтах заменено трением качения на шариках, эти муфты проще в изготовлении, более надежны в работе.





- а) – муфта с разрушающимся элементом (нормаль Р95 1);  
 б) – муфта предохранительная кулачковая (ГОСТ 15620);  
 в) – муфта предохранительная шариковая (ГОСТ 15621);  
 г) – муфта предохранительная кулачковая (ГОСТ 15622)

Рисунок 19 — Предохранительные муфты

Предохранительные фрикционные муфты выделяются многообразием исполнений. Обычно их используют при кратковременных чрезмерных нагрузках большое количество раз. По конструктивным элементам этот вид (рисунок 20) имеет непосредственное родство со сцепными фрикционными муфтами. В фрикционных предохранительных муфтах крутящий момент передается за счет сил трения. Режим работы регулируется силой зажатия дисков за счет пружин сжатия 3 (рисунок 19г) [14]. Упругие элементы имеют возможность настройки по причине изнашивания плоскостей соприкосновения в которых происходит трение, так как из-за этого уменьшается сила сжатия пружинных элементов. Пружины периодически регулируют, так как по мере износа поверхностей трения диски сближаются, уменьшая силу сжатия пружин.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

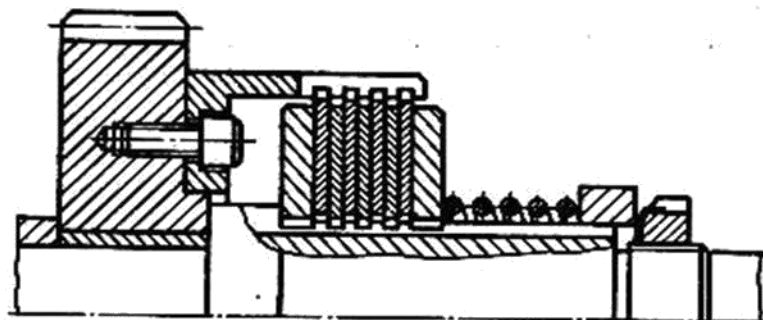


Рисунок 20 — Многодисковая фрикционная предохранительная муфта

Спользование комбинированных муфт в машиностроении обусловлено тем фактом, что зачастую муфты одного вида не могут справиться со всеми нагрузками, которые приходится на валы. В этом случае муфты комбинируют, составляя из конструктивных элементов разных муфт одну. Вариативность такого вида муфт имеет большое количество видов. Чаще всего встречаются комбинации компенсирующих упругих муфт, с предохраняющими муфтами (рисунок 21) [11].

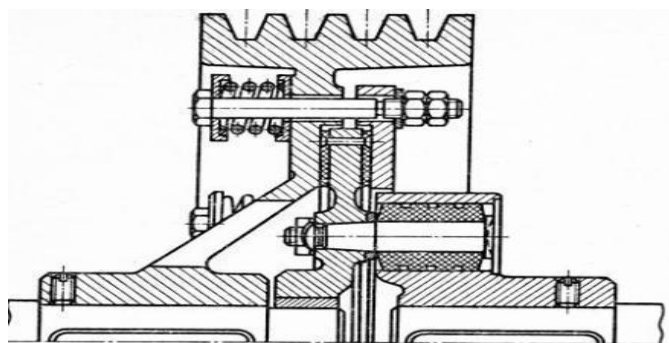


Рисунок 21 — Комбинированная упруго-предохранительная фрикционная муфта

## 2.6 Муфты компенсирующие универсальные (УКМ)

Муфты универсальные (рисунок 22) с упругими элементами дисковой формы используются для приведения в движение ведомого вала крутящими моментами 0,16... 25 кНм. Во избежание нагрузок динамического вида при передаче крутящего момента на валы насосов и используемых в нефтяной промышленности и электроэнергетике. Отсутствие люфтового зазора в данном виде муфт обуславливается наличием большого количества слоев наборов пластин, играющих роль упругих частей муфты. Они обладают хорошими показателями демпфирующих способностей в виду нелинейности показателя их жесткости, за счет чего отлично демпфируют вибронагрузки на агрегаты. Упругие элементы муфты производятся из листов стальных нержавеющей сталей или полимерных материалов, обладают высоким коэффициентом упругости и возможностью гашения вибраций возникающих в процессе эксплуатации. Исходя из этого, УКМ имеет обширный допуск к несоосности валов, без увелешений вибрационных или шумовых показателей. Расчетный срок службы УКМ 10 – 15 лет. Она не требует смазки и технического обслуживания в течение всего срока эксплуатации. При применении в соединениях валов муфты упругой компенсирующей УКМ показатели вибрации падают, соответственно срок службы узлов агрегатов, страдающих от перегрузок, увеличивается двукратно [13].

					Классификация муфт	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

Муфта допускает радиальную расцентровку валов до  $\pm 0,4$  мм, перекося осей  $2^\circ$ , компенсацию осевых смещений до  $\pm 4$  мм. УKM не требует обслуживания в течение установленного ресурса. Расчетный срок службы УKM – 20 лет. Муфты балансируются по специальной технологии и имеют низкую собственную виброактивность. Серийное производство муфт для агрегатов мощностью до 12500 кВт освоено на заводе в Башкортостане.

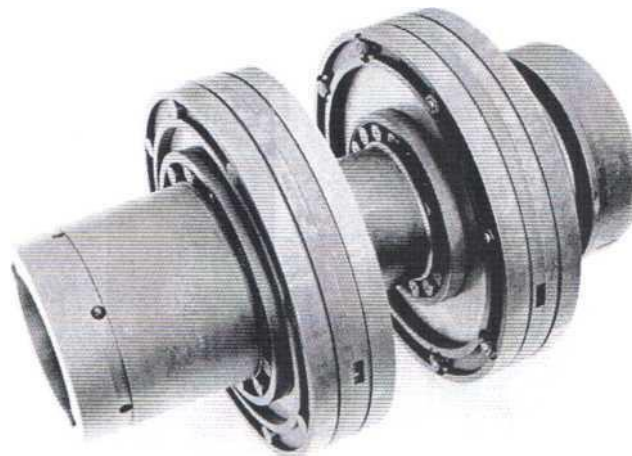


Рисунок 22 — Общий вид УKM

В упругих пластинчатых муфтах вращающий момент передается через пакеты, состоящие из пластин стальной коррозионностойкой ленты толщиной 0,2 – 1,0 мм. Форма пластин — в виде диска, мембраны (дисковая муфта), в виде кольца (кольцевая муфта). Обычно два упругих пакета соединены с двумя полумуфтами и проставкой при помощи болтов и втулок [16]. В кольцевой муфте вращающий момент передается за счет растяжения – сжатия ветвей упругого элемента между поочередно расположенными призонными болтами полумуфты и проставки. В дисковой — аналогично, но болты полумуфт и проставки расположены на разных диаметрах. Каждый пакет упругих элементов является также жестким в радиальном направлении и обладает поатливостью только в угловом и осевом направлении. Два пакета, объединенные проставкой, могут компенсировать осевые, угловые и радиальные смещения. Упругий элемент любого типа является жестким на кручение и не компенсирует крутильных колебаний валов. Все детали муфты соединены между собой жестко

[15]. Таким образом, муфта компенсирует все виды смещений соединяемых валов, исключительно за счет упругих деформаций пакетов.					Лист
Классификация муфт					9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

**Особенности** -монтажа упругих пластинчатых муфт связаны с ограниченным допускаемым осевым смещением. При первоначальном монтаже необходимо обеспечить правильное осевое положение полумуфт, при котором упругие элементы не деформированы (т.е., выдержать расстояние L). Для этого роторы двигателя и насоса с полумуфтой устанавливают в рабочее положение (двигатель с подшипниками скольжения — по метке или по результатам холостого пуска, в насосах с гидропяткой смещают ротор так, чтобы гидропятка закрылась). Замеряют расстояние между торцом вала двигателя и торцом полумуфты насоса  $L_1$ . Затем вычисляют положение полумуфты двигателя и устанавливают ее, фиксируя на валу. Чаще всего, прикрепляют к шпонке при помощи винтов. Иногда, для подгонки осевого размера в конструкцию муфты вводят компенсирующий элемент в виде дистанционного кольца. Другая особенность эксплуатации связана с малыми силами реакции на смещения валов. При расцентровках, в несколько раз превышающих предельно допускаемые, упругие пластинчатые муфты не только не вызывают повышенных вибраций и шума, но и не позволяют диагностировать расцентровку при помощи аппаратуры. Поэтому центровку валов агрегата необходимо периодически контролировать обычным механическим способом.

Опасность возникает при разрушении пакетов упругих элементов. Первая — возможность "вылета" достаточно массивной проставки. Не во всех конструкциях выпускаемых в настоящее время упругих пластинчатых муфт предусмотрены резервные конструктивные элементы, обеспечивающие центровку частей муфты при разрушении упругих элементов, как это оговорено ISO/CD 13709/API 610. Отделившаяся со стороны приводимой машины проставка продолжает некоторое время вращаться вместе с валом двигателя и представляет немалую опасность как для персонала, так и для агрегата. Кроме того, при разрушении упругих элементов происходит соударение или трение частей муфты. Поэтому при эксплуатации во избежание

					Классификация муфт	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

контакт при разрушении упругих элементов, должны применяться материалы, соударение которых не приводит к образованию искр. Применяют бронзу, монель – металл, никель.

**В сравнении** с зубчатыми и втулочно-пальцевыми муфтами пластинчатые муфты позволяют:

- значительно снизить уровень вибрации;
- повысить ресурс опор и концевых уплотнений насосов и компрессоров;
- обеспечить возможность осевых перемещений роторов соединяемых механизмов, стремящихся занять рабочее положение
- при пуске (совмещение магнитных осей ротора и статора электродвигателя, установление рабочего зазора в гидропате);
- исключить подвод смазки и техобслуживание.

взрывоопасных зонах для тех деталей, которые могут

					Классификация муфт	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 2.7 Устройство и принцип ЧРП и гидромуфты

В науке и на практике применимы следующие методы частотного регулирования:

1. Применение частотно-регулируемого привода. Принципиальная технологическая схема представлена на рисунке 11.4. Частотно-регулируемый привод представляет собой систему управления частотой вращения ротора асинхронного (или синхронного) электродвигателя.

ЧРП состоит из собственно электродвигателя и частотного преобразователя. Частотный преобразователь представляет собой устройство состоящее из выпрямителя (моста постоянного тока), преобразующего переменный ток промышленной частоты в постоянный, и инвертора (преобразователя), преобразующего постоянный ток в переменный требуемых частоты и амплитуды.

Габаритные размеры блока ЧРП с планом размещения оборудования представлен на рисунке 11.4.

2. Применения гидродинамической муфты. Принципиальная технологическая схема представлена на рисунке 11.5. Регулируемые муфты представляют собой механическую передачу и гидродинамическую регулируемую турбомуфту в совместном закрытом корпусе, нижняя часть которого выполнена в виде емкости для масла.

Наполнение муфты маслом во время рабочего режима изменяется с помощью черпака в любой степени. Тем самым передаваемая мощность и частота вращения рабочей машины регулируется бесступенчато.

Конструкция гидромуфты представлена на рисунке 11.6.

					Классификация муфт	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9



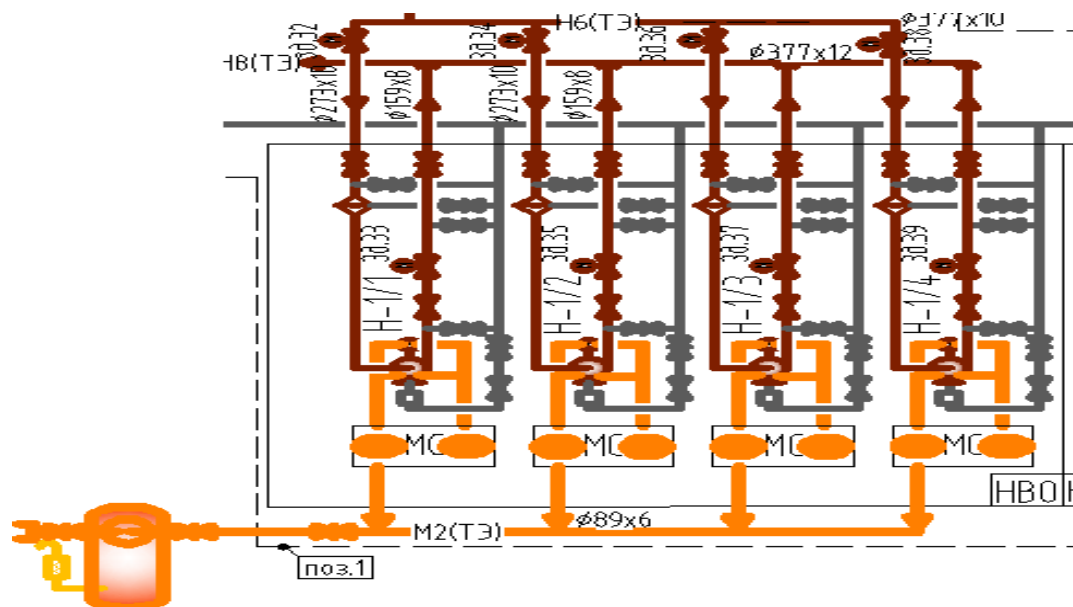


Рис. 11.4. Принципиальная схема обвязки насосов ЦНС с частотно-регулируемым приводом

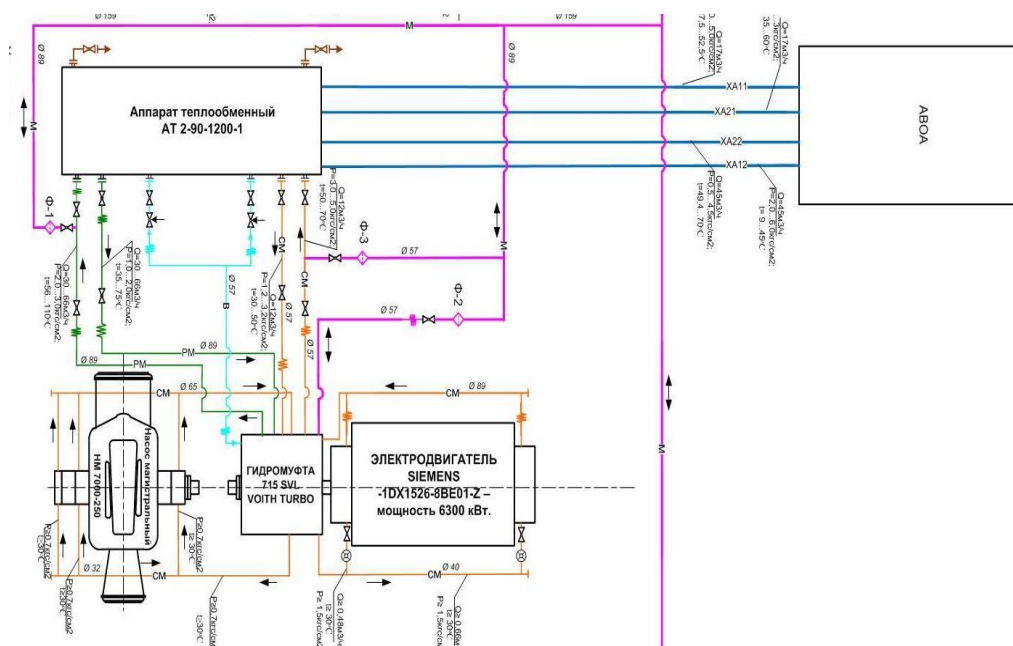


Рис. 11.5. Принципиальная схема обвязки регулируемой гидромолты



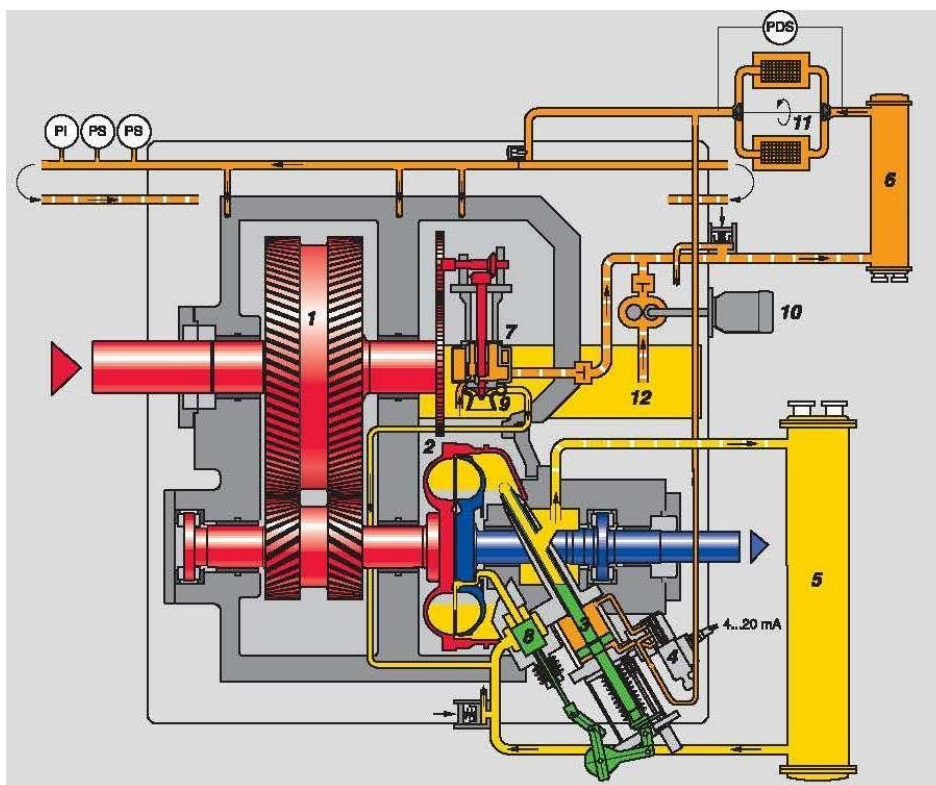


Рис. 11.6. Конструкция гидромуфты

(1- передача, 2- гидродинамическая регулируемая муфта, 3- черпак, 4- электрогидр. исполнительный орган, 5- охладитель рабочего масла, 6- охладитель смазочного масла, 7-главный смазочный насос, 8- клапан управления циркуляцией масла, 9- насос рабочего масла, 10- насос предпусковой смазки, 11- сдвоенный фильтр, 12- емкость для масла).

Конструкция гидромуфты Voith 715 SVL представлена на рисунке 11.7.

Муфта размещена в закрытом корпусе, состоящем из двух частей.

Снизу на корпус прифланцеван масляный бак.

Муфта состоит из следующих частей:

- первичного вала и первичного колеса,
- вторичного вала и вторичного колеса,
- оболочки (прифланцевана на первичное колесо, охватывает вторичное колесо, а так же

- корпуса черпаковой трубы с исполнительным приводом.

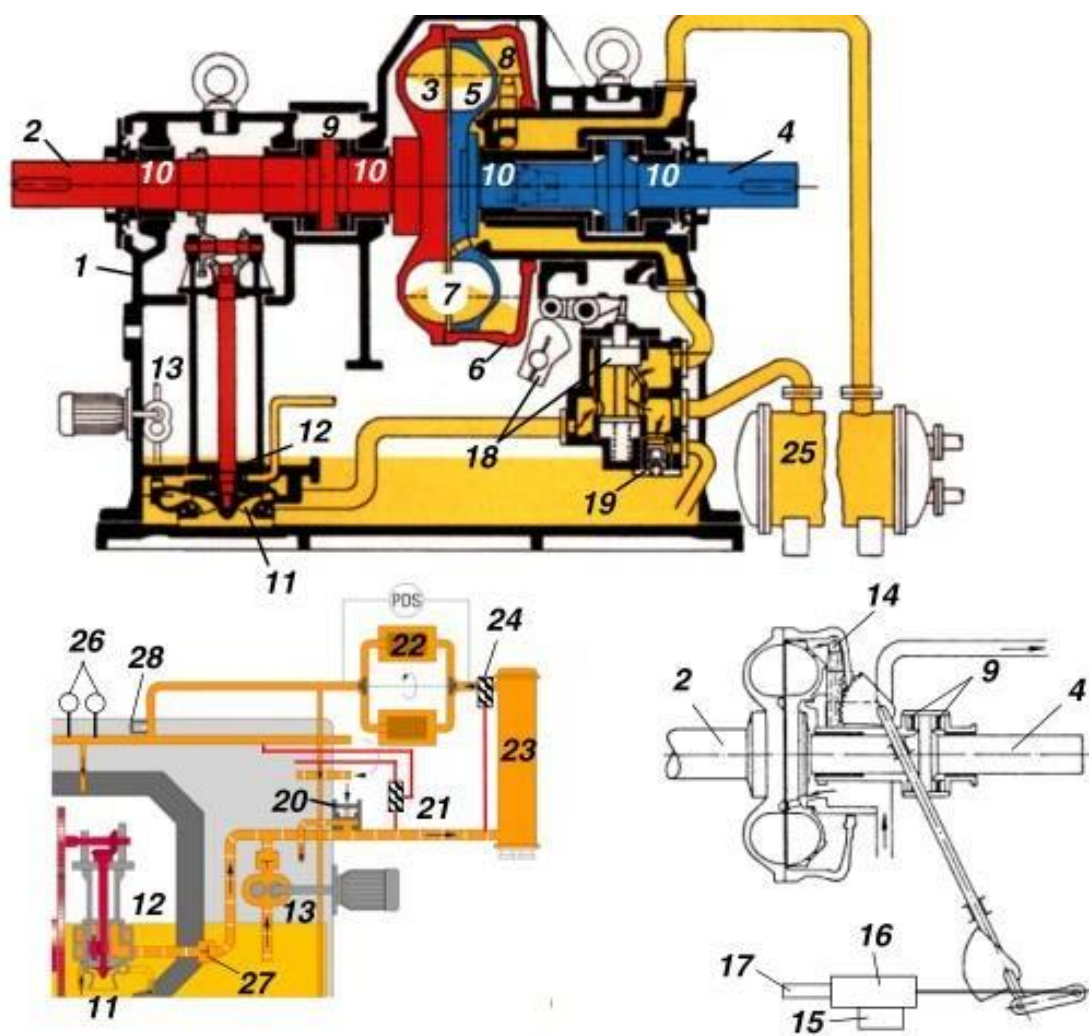


Рис. 11.7 – Конструкция гидромукты Voith 715 SVL

1-Корпус с масляным баком, 2-Приводной вал, 3-Первичное колесо, 4-Вал отбора мощности, 5-Вторичное колесо, 6-Оболочка, 7-Рабочее пространство, 8-Пространство вычерпывания, 9-Упорный подшипник, 10- Радиальный подшипник, 11-Насос для раб. масла, мех., 12-Насос для жидкой смазки механ., 13-Вспом. насос для жидкой смазки с

электродвигателем, 14-Черпаковая труба, 15-VEHS-блок позиц. регул., 16- Исп. цилиндр дв.действия, 17-Приемник перемещений черпаковой трубы, 18-Перепускной клапан с дисковым кулачком, 19-Предохранительный клапан для рабочего масла, 20-Клапан огран.

					Классификация муфт	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

давления (предохр. клапан) жидкой смазки, 21-Клапан регул, давления жид.см. и масла системы управления, 22-Двойной масл. фильтр, 23-Охладитель жид. смазки, 24-Регулировка темп, масла, 25-Охладитель раб. масла, 26-Приборы, 27-Обратный клапан, 28-Регулируемая диафрагма масла системы управления. Первичный вал и первичное колесо жестко соединены между собой, так же как и вторичное колесо с вторичным валом. Первичный вал соединен с приводной машиной, вторичный вал - с рабочей машиной.

Первичное колесо, вторичное колесо и оболочка образуют рабочее пространство. В рабочем пространстве циркулирует рабочее масло.

Черпаковая труба с корпусом черпаковой трубы встроены в корпус регулировочной турбомуфты. Вторичный вал установлен в корпусе черпаковой трубы на подшипниках.

Все валы установлены на подшипниках скольжения и смазываются жидкой смазкой.

Заполняющий насос, расположенный в масляном баке, подает рабочее масло для контуров циркуляции рабочего масла и жидкой смазки. Заполняющий насос приводится в действие механически от первичного вала регулировочной турбомуфты.

Пусковой насос для смазки с электрическим приводом служит для обеспечения подачи жидкой смазки в установку при процессе запуска, инерционного вращения до остановки и в случае возникновения неисправностей.

**Регулировочная турбомуфта** передает мощность без износа от одной приводной машины на одну рабочую машину. Мощность передается следующим образом:

Между приводной машиной и регулировочной турбомуфтой через соединительную муфту;

					Классификация муфт	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

Между первичным колесом и вторичным колесом гидродинамическим образом через рабочее масло; Между регулировочной турбомуфтой и рабочей машиной через соединительную муфту;

Частота вращения машины может плавно регулироваться при помощи черпаковой трубы.

Мощность приводной машины передается через первичное колесо (функция: насос) на рабочее масло; рабочее масло ускоряется в первичном колесе и механическая энергия преобразуется в энергию потока. Вторичное колесо (функция: турбина) принимает на себя энергию потока и преобразует её в механическую энергию. Эта энергия передается на рабочую машину.

Крутящий момент первичного колеса имеет точно такое же значение, как и крутящий момент вторичного колеса.

При передач мощности частота вращения вторичного колеса меньше частоты вращения первичного колеса. Эта разница значений частот вращения определяет проскальзывание. Мощность потерь, возникающая из-за этой разности значений частот вращения, нагревает рабочее масло. Для отвода этой теплоты необходимо проводить охлаждение масла.

Рабочий контур циркуляции состоит из одного замкнутого контура циркуляции на который накладывается открытый контур циркуляции для изменения объема заполнения. Масло поступает в рабочее пространство муфты через перепускной клапан и в результате действия центробежной силы создает в пространстве вычерпывания вращающееся масляное кольцо. Положение черпаковой трубы определяет толщину масляного кольца в пространстве вычерпывания, и таким образом, объем заполнения в рабочем пространстве. Черпаковая труба захватывает нагретое рабочее масло в пространстве вычерпывания и направляет его к охладителю рабочего масла. Там оно

охлаждается и подается обратно в муфту через перепускной клапан. Таким образом замыкается контур циркуляции.

Если объем заполнения муфты рабочим маслом должен быть увеличен, то черпаковая труба перемещается и насос для рабочего масла подает в контур циркуляции дополнительный объем рабочего масла из масляного бака.

Перепускной клапан регулирует объем циркуляции рабочего масла каждый раз в соответствии с имеющейся в наличии мощностью потерь. Избыточный объем масла в контуре циркуляции подается обратно через клапан ограничения давления в масляном баке. Значение давления рабочего масла настраивается на клапане ограничения давления.

Значение температуры рабочего масла зависит от мощности потерь (проскальзывания) и от объема циркуляции рабочего масла. Контроль этого значения фиксируется приборами.

### **Регулировка частоты вращения.**

Электро-гидравлический блок управления представляет собой блок позиционной регулировки.

Он состоит из следующих частей:

- регулировочный магнит с PID позиционным регулятором электромагнитный регулятор,
- 4-х ходовой 3-х позиционный ходовой краном с управляющим штифтом.

1. Применение устройства плавного пуска. Устройства плавного пуска (УПП) в отличие от регулируемого электропривода не рассчитаны на длительную работу. После завершения пуска они отключаются от

2. механизма, пущенного в работу, после чего используются для включения в работу других механизмов. Существуют УПП высокого (6-10 кВ) и низкого (0,4 кВ) напряжения.

					Классификация муфт	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

3. Устройство по существу является трехфазным тиристорным преобразователем напряжения с микропроцессорной системой управления. В составе УПП имеется пульт управления, содержащий клавиатуру, с помощью которой устанавливаются различные режимы работы, осуществляется их программирование и задание рабочих параметров. В состав УПП также входят элементы индикации и сигнализации для отображения значений рабочих параметров и диагностирования неисправностей.

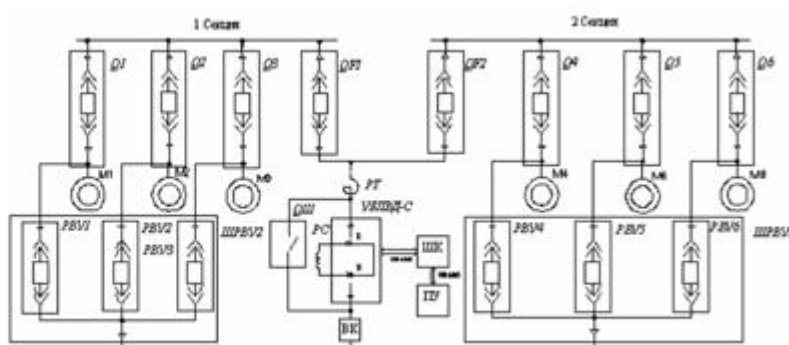


Рис. 11.8. Система плавного пуска двигателей НПС, схема

### 2.7.1 Сравнительные характеристики ЧРП гидромурфты

Воздействие на электродвигатель и насос

МУ АИН имеют практически синусоидальный ток, а напряжение таких преобразователей имеет форму многоступенчатой широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Многоступенчатая ШИМ вызывает проблему высокой скорости нарастания напряжения на двигателе ( $dU/dt$ ), что требует изготовления специальных двигателей с усиленной изоляцией обмоток. Вторым негативным фактором является наличие высокочастотного синфазного сигнала в двигателе. Синфазный сигнал – это изменение потенциала нейтрали двигателя относительно земли (напряжение нулевой последовательности). При коммутациях вторым контуром протекания токов нулевой последовательности может быть



путь через муфту на насос. Особенно опасным это может быть для насосов, перекачивающих токопроводящие или горючие жидкости, такие как вода или нефть с примесью минеральных солей.

Для решения этих проблем существует 2 метода:

Установка специальных двигателей, предназначенных для работы от преобразователей частоты. Такие двигатели имеют следующие свойства:

– Используется специальная система изоляции; – При помощи внедрения изолированных с обеих сторон подшипников и устройства шунтирования на землю высокочастотных напряжений на стороне, противоположной валу двигателя, подавляются токи нулевой последовательности в подшипниках;

Кроме того, для защиты насоса от прохождения через него токов нулевой последовательности рекомендуется использование изолированных муфт. Помимо этого, для соединения преобразователя с двигателем требуется использование специального экранированного кабеля, а места его подсоединения к двигателю и шкафу преобразователя должны быть герметичны.

Для работы со стандартными двигателями рекомендуется установка синусоидальных фильтров. Эти фильтры вносят дополнительные потери и снижают общий к.п.д. МУ АИН.

МП АИТ содержат входные и выходные согласующие трансформаторы.

Они обеспечивают синусоидальное напряжение и практически синусоидальный выходной ток. Благодаря наличию выходного трансформатора в двигателе и насосе отсутствуют какие-либо токи нулевой последовательности. При этом реализуется высокоэффективный экономический закон регулирования двигателя, обеспечивающий оптимальные энергетические характеристики серийных двигателей. Для соединения между преобразователем и

					Классификация муфт	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

двигателем могут использоваться стандартные неэкранированные кабели.

#### Надежность работы

Силовые ячейки МУ АИН содержат, как правило, электролитические конденсаторы. Эти конденсаторы имеют короткий срок службы (5 – 7 лет) и очень чувствительны к перенапряжениям. В аномальных процессах разряд этих конденсаторов сложно приостановить. Силовые блоки МП АИТ содержат сглаживающие дроссели, срок службы которых практически не ограничен. Эти дроссели эффективно ограничивают токи в любых аномальных режимах.

Силовые ячейки МУ АИН, соединенные последовательно между собой, содержат в инверторах транзисторы. В случае выхода из строя одного такого транзистора последовательная цепь размыкается, а вся ячейка становится неработоспособной. Для того, чтобы весь преобразователь оставался работоспособным, вводят N+1 резервирование, а на каждую ячейку ставят специальный шунтирующий элемент, чтобы при выходе из строя ячейки устранить разрыв цепи.

Силовые блоки МП АИТ содержат тиристоры с мягким восстановлением. Эти тиристоры имеют высокую перегрузочную способность, минимизируют перенапряжения при коммутации, а в случае выхода их из строя цепь становится замкнутой. В схеме отсутствует последовательное соединение, поэтому N+1 резервирование и шунтирующие элементы не требуются. Все это снижает общее количество полупроводниковых приборов в схеме и повышает общую надежность.

					Классификация муфт	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9



В случае неисправности преобразователя или при проведении регламентных работ должна быть предусмотрена возможность прямого подключения двигателя питающей сети 6 или 10 кВ. Для сети 6 кВ обе топологии ЧРП в равной степени обеспечивают такую возможность.

Но из-за резкого возрастания количества ячеек и обмоток выходного трансформатора МУ АИН для 10 кВ становятся очень громоздкими и практически не применяются. Поэтому при питающей сети 10 кВ используется преобразователь и приводной двигатель напряжением 7,2 кВ.

Байпасирование в таком случае невозможно.

МП АИТ не имеют ограничений по выходному напряжению, поэтому байпасирование на 10 кВ возможно.

Все эти факторы указывают на большую надежность работы МП АИТ по сравнению с МУ АИН.

### **Энергетические показатели в различных режимах работы**

К.П.Д. полного комплекта ЧРП различных типов, включая трансформаторы, в двигательном режиме довольно близки. Снижает уровень к.п.д. наличие синусоидальных фильтров для МУ АИН.

МУ АИН конструктивно не допускают динамического торможения, а реализация рекуперативного торможения, хотя и указана как возможная опция в самых совершенных моделях, но практически не применяется ввиду чрезвычайной сложности схемы и алгоритмов управления. На практике они могут тормозить двигатель с очень медленным темпом, чтобы не допустить перенапряжения на электролитических конденсаторах звена постоянного тока и перегрева двигателя, где и рассеивается вся энергия торможения. Т.е. такие ЧРП могут пускать двигатель, но имеют проблемы с управлением торможения насосов. При этом резко возрастает опасность попадания

					Классификация муфт	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

насоса в зону критических частот. Энергетическая характеристика таких схем в режиме торможения невысокая.

МП АИТ обеспечивают режим рекуперативного торможения. Это позволяет динамично управлять торможением насосов, возвращая кинетическую энергию насоса и входящего в него потока жидкости в питающую сеть. Таким образом, МП АИТ обеспечивают более высокие энергетические показатели.

Минимальный уровень гармонических искажений, генерируемых в питающую сеть.

МУ АИН имеют по входу многопульсную схему, которая позволяет удалить гармоники нижнего порядка. Но при этом резко возрастает уровень высокочастотных гармоник, вызванный наложением коммутаций множества последовательно соединенных выпрямительных мостов.

МП АИТ выполнены по 12-ти пульсной схеме, а больших мощностей – по 24-ти пульсной схеме и обеспечивают минимальное искажение входного напряжения. При этом остаётся незначительным и уровень высших гармоник.

Эти типы преобразователей отвечают, в общем, современным требованиям по электромагнитной совместимости с сетью в части гармонических искажений.

Гидромуфты и ЧРП часто рассматриваются как альтернативы друг другу. Однако при выборе конкретного технического решения необходимо учитывать преимущества и недостатки каждого из этих двух методов. Сравнительная характеристика ЧРП и гидромуфты дана в табл. 3.4.

					Классификация муфт	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

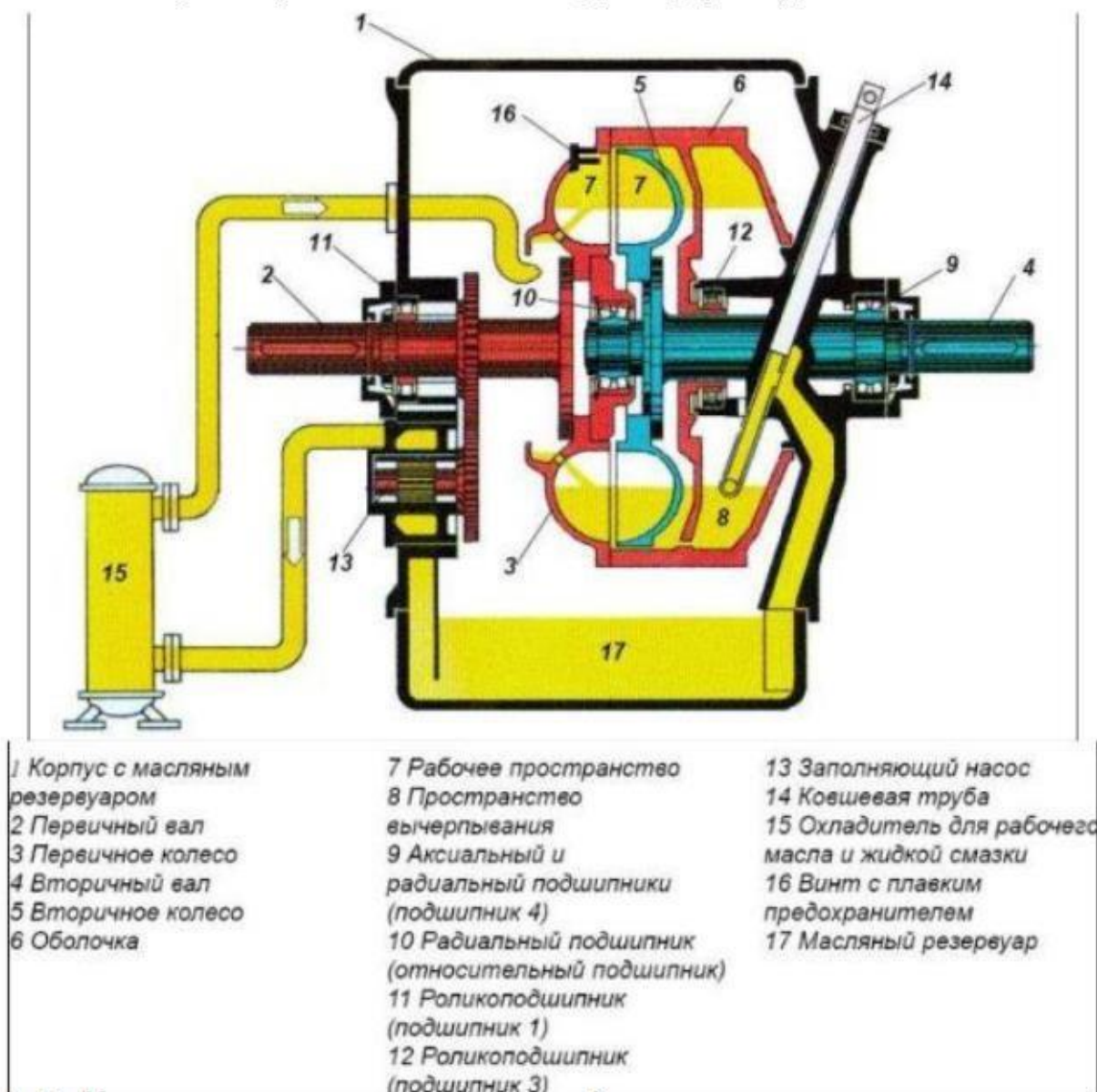


Рис. 11.9. Конструктивная схема гидромукты с регулируемым заполнением

Таблица 11.3 Сравнительная характеристика ЧРП и гидромукты

Характеристика	ЧРП	Гидромукта
Удельная стоимость на единицу мощности насоса	Больше, особенно с тормозным блоком	Меньше
Возможность использования одного устройства на несколько насосов	Да	Нет
Возможность работы двигателя при внезапной поломке устройства	Да (для ЧРП с автоматическим байпасом– переход на питание от сети)	Нет

## Окончание таблицы 11.3

Характеристика	ЧРП	Гидромуфта
Надежность устройства	В среднем выше (нет механических, движущихся частей)	В среднем ниже, но есть и высоконадежные агрегаты (зависит от производителя)
Полный КПД насосной установки	Выше (особенно при низких числах оборотов ротора)	Ниже
Обеспечение регулировочного диапазона нагрузок насоса	Полностью	Обычно не позволяет получить максимальную производительность
Плавность пуска	Ниже	Выше
Демпфирование ударов и крутильных колебаний со стороны насоса	Нет	Да
Генерация паразитных токов от инвертора, способных нарушать работу соседних электрических устройств	Да	Нет
Требуемая рабочая площадь под установку	Больше	Меньше
Требования к типу и конструкции электродвигателя	Специальные	Стандартные

Общее потребление энергоресурсов в немалой степени зависит от насосного оборудования. КПД насосной станции часто оказывается ниже КПД установленных на ней отдельных насосов. Причина низкой энергоэффективности заключается в несоответствии рабочих характеристик оборудования и системы в целом, а также в неправильном управлении ею. Для повышения эффективности предприятия необходимо снизить стоимость эксплуатации насосного оборудования, повысить его надежность и долговечность. Таким образом, требуется модернизация оборудования с учетом всех особенностей технологических процессов, протекающих в системе.

## 2.8 Наиболее распространенные виды муфт

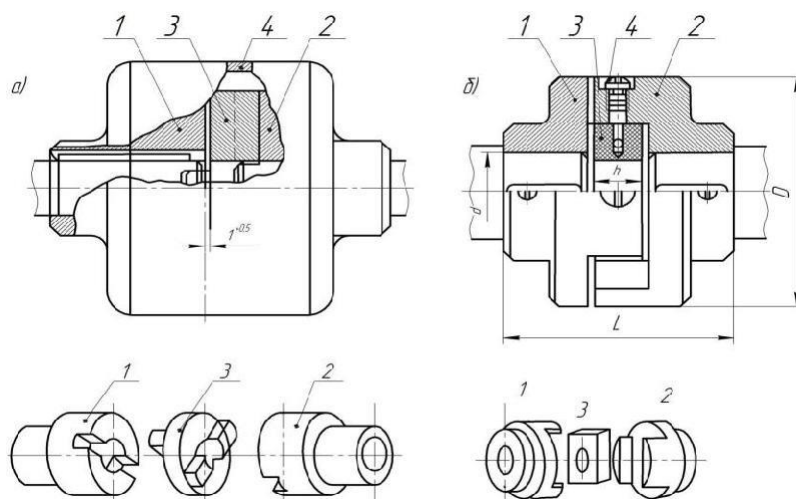
Жесткие компенсирующие муфты предназначены для соединения валов с небольшими взаимными смещениями осей, вызываемые неточностью изготовления деталей муфты и монтажа. На

практике чаще всего встречается комбинированное смещение валов, которое принято называть «несоосность валов». В отличие от глухих муфт, которые приводят к соосности валы путем деформирования валов и опор (валы и опоры дополнительно нагружаются),

компенсирующие муфты приводят валы к соосности за счет подвижности жестких деталей (компенсирующие жесткие муфты) или за счет деформации упругих элементов (упругие муфты) [16].

Муфты кулачково – дисковые (муфта рестовая, муфта Ольдгена, муфта плавающая) (рисунок 23) применяются для соединения валов со значительным радиальным смещением, допускают также незначительные угловые отклонения и осевые смещения. Эти муфты изготавливают двух типов: кулачковая дисковая (рисунок 23а) и муфты с вкладышем (рисунок 23б). Муфты состоят из полумуфт 1 и 2, диска 3 или вкладыша 3. На рисунке 23 показан для кулачково – дисковой муфты кожух 4, а для муфты с вкладышем показано резьбовое отверстие 4 для смазки. Полумуфты и диск изготавливают из стали Ст 3, Ст 4, Ст 5. Вкладыш муфты изготавливают обычно из текстолита [1].

					Классификация муфт	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Проверочные расчет на прочность крестовых (кулачково – дисковых муфт) рекомендуется производить по максимальному давлению на рабочих поверхностях сопряженных деталей муфты [19].

**Достоинство** крестовых муфт (с диском и вкладышем):  
способность компенсировать радиальные смещения валов.

**Недостаток муфт:** значительный износ рабочих поверхностей, наличие центробежной силы на диск или вкладыш [19].

					Классификация муфт	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

Зубчатые муфты применяются для соединения валов диаметром от 40 до 500 мм. Муфта состоит из двух полумуфт 1 и 2 с наружными зубьями и двух половин обоймы 3 и 4 с внутренними зубьями, сцепляющимися с зубьями полумуфт (рисунок 24). Зубья полумуфт и полуобойм выполняют с эвольвентным профилем [1].

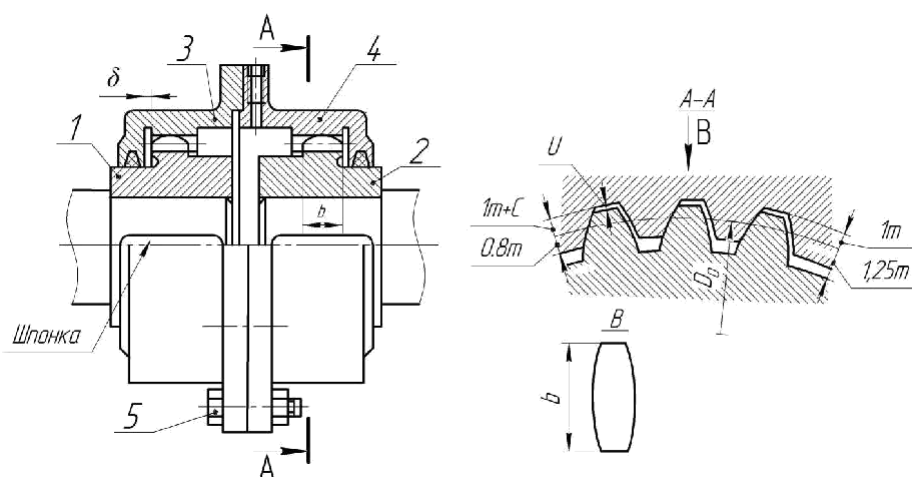


Рисунок 24 — Муфта зубчатая

Полумуфты 1 и 2 и полуобоймы 3 и 4 изготавливаются из стали 40Х, 45 или из стального литья 45Л. Валы соединяются с полумуфтами шпоночным или шлицевым соединением. Полуобоймы 3 и 4 соединяются жестко прецизионными болтами 5 [17].

**Достоинства** зубчатых муфт: небольшие габариты и масса; большая нагрузочная способность; высокие окружные скорости; способность компенсировать все виды несоосности валов. Основным критерием работоспособности зубчатой муфты является износ рабочих поверхностей зубьев. Поэтому ориентировочный проверочный расчет муфт производят по напряжениям смятия [12].

Муфты компенсирующие упругие служат для уменьшения динамических нагрузок и предохраняют соединения валов от резонансных колебаний и позволяют несколько компенсировать

					Классификация муфт	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9



несоосность валов. Основные характеристики упругих муфт: податливость и демпфирующая способность за счет использования в них упругих элементов. По материалу упругих муфт они делятся на муфты с неметаллическими и металлическими упругими элементами. Основной материал неметаллических элементов – резина, а металлических элементов – различные стальные пружины [11].

Муфта с торообразными оболочками (рисунок 25) состоит из двух полумуфт 1 и 2, торообразной оболочки 3, двух колец 4, которые с помощью винтов 5 закрепляют оболочку на полумуфтах. Материал полумуфт Ст 3 или чугун СЧ 40, оболочка – резина. Диаметры валов  $d = 14 \dots 240 \text{ мм}$ . Крутящий момент  $T = 20 - 40 \cdot 10^3 \text{ Нм}$ .

**Достоинствами** такого рода муфт являются высокие способности компенсировать смещения валов [18].

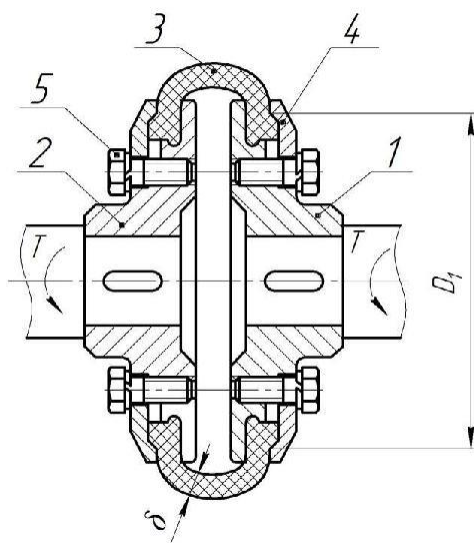


Рисунок 25 — Муфта с торообразными оболочками (ГОСТ 20884 – 82)

					Классификация муфт	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9



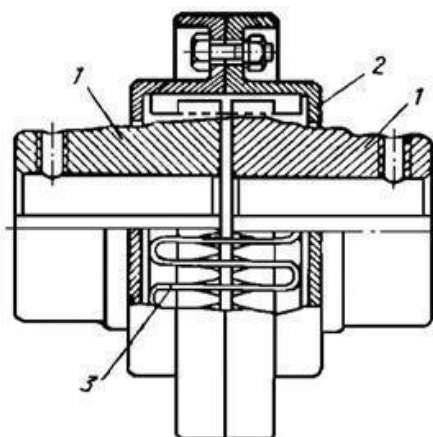


Рисунок 26 — Муфта со змеевидными пружинами

Муфта со змеевидными пружинами используется для передачи больших вращающих моментов, обладает хорошими эксплуатационными качествами, имеет небольшие габариты, но сравнительно дорогостоящая.

В зависимости от размеров муфты могут компенсировать радиальные смещения валов  $0,5...3\text{ мм}$ , осевые  $4...20\text{ мм}$  и угловые до  $1^\circ 15'$ .

Материалы полумуфт – сталь 45, стальное литье 45Л; пружин – пружинные стали 65Г, 60С2 [2]. Расчет муфты предусматривает проверку прочности пружины при изгибе методами сопротивления материалов.

Управляемые (сцепные) муфты позволяют соединять и разъединять валы без остановки двигателя. По конструкции управляемые муфты можно разделить на кулачковые, зубчатые, основанные на зацеплении, и фрикционные, основанные на трении.

					Классификация муфт	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

Муфта кулачковая двусторонняя, как все муфты служит для передачи крутящего момента и кроме этого, имея возможность переключения муфты 1 с кулачками 2 влево или в право, получать на валу рабочей машины две скорости вращения и два крутящих момента (рисунок 27). Муфты соединяются с валом 2 шпоночным соединением (шпонка направляющая) или шлицевым соединением.

Зубчатые колеса 4 и 5 с кулачками на торцах обеспечивают изменение режима работы рабочей машины. Осевому перемещению зубчатых колес препятствуют пружинные упорные кольца 6 и 7. Материал муфты и кулачков стали цементируемые 20, 20Х или нецементируемые 40, 45, 40Х (HRC 50..160) [34]

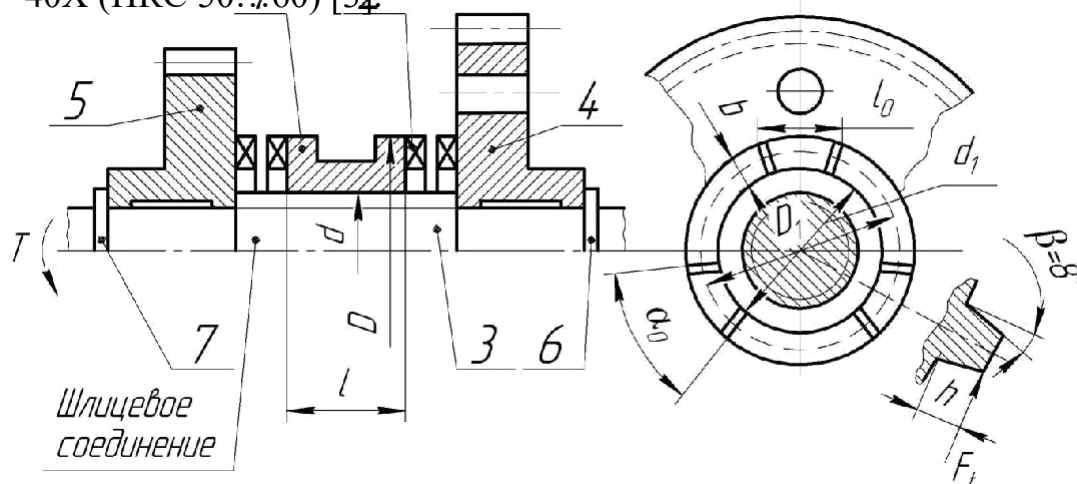


Рисунок 27 — Кулачковая муфта

Проверочные расчеты производят для обеспечения работоспособности муфты по удельному давлению «Р» на рабочих поверхностях кулачков и по напряжениям изгиба кулачка [ ]<sub>из</sub>

режима работы,— коэффициент неравномерности нагрузки по кулачкам

$K_1 = 2 \dots 3$ ,  $z$  — число кулачков  $z = 3 - 8$ , [ ]<sub>из</sub>, [ P ] — допускаемые значения

давления и напряжения изгиба материала кулачков;

					Классификация муфт	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

Муфты самоуправляемые или автоматические предназначены для автоматического разъединения или соединения валов. Различают следующие механические муфты: предохранительные для защиты машин от перегрузок; обгонные (муфты свободного хода) для передачи момента только в одном направлении; центробежные для автоматического включения или выключения при определенной частоте вращения ведущего вала [18].

Муфты свободного хода (самоуправляемые по направлению вращения) автоматически сцепляют и расцепляют валы в зависимости от соотношения частоты вращения валов. На рисунке 28 показана наиболее распространенная муфта свободного хода – обгонная фрикционная с роликами. Обгонная муфта (муфта свободного хода) состоит из двух полумуфт – звездочки 1 и обоймы 2 – роликов 3, расположенных в пазах между звездочкой и обоймой. Каждый ролик отжимается пружиной 4 в сужающуюся часть паза. Если ведущая полумуфта – звездочка, то сцепление валов может происходить только при вращении ее по часовой стрелке, а если ведущей является обойма, то крутящий момент передается через шпонку 5 звездочке, когда обойма вращается против часовой стрелки. Щеки 6 в форме шайб не дают роликам выпасть из обоймы [29].

Размеры муфты принимают по нормали машиностроения МН 3 – 61, которые имеют ориентировочно следующие значения.

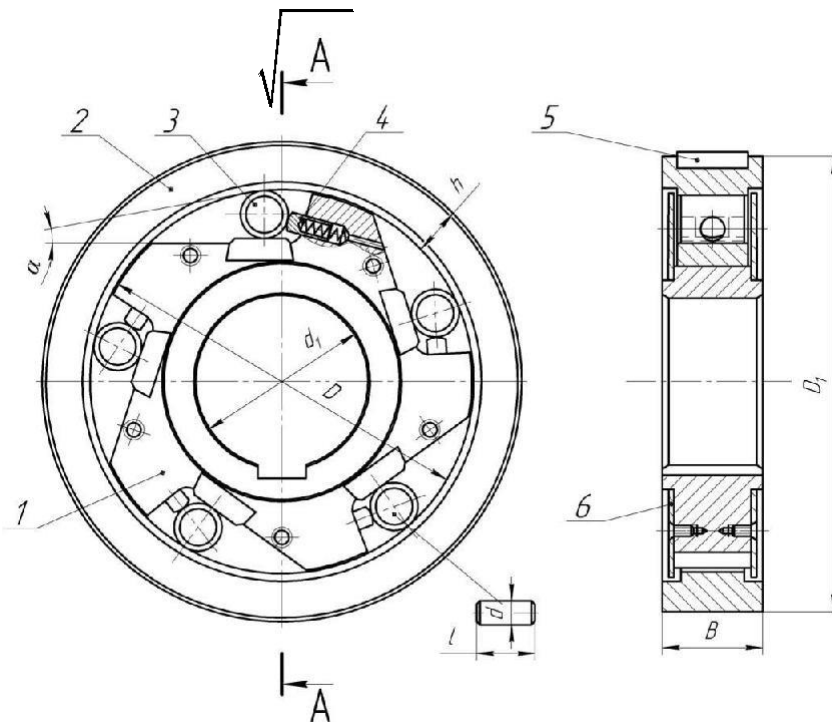


Рисунок 28 — Муфта свободного хода (МН 3 – 61)

Размеры муфты принимают по нормали машиностроения МН 3 – 61, которые имеют ориентировочно следующие значения:

Диаметр ролика  $l \approx 0,59 \sqrt[3]{\frac{TK_p}{z}}$  (5), здесь  $T$  — передаваемый крутящий момент,  $z$  — число роликов ( $z = 3 \dots 8$ ); диаметр внутренней обоймы  $D = 8d$ ; толщина обоймы  $h = (0,12 \dots 0,20)D$ ;  $D = D + 2h$ ; длина ролика  $l = 1,5d$ ; диаметр вала « $d$ » — из расчета вала;  $B = (0,25 \dots 0,3)D$ .

## 2.9 Расцентровка валов в агрегате

Агрегатом принято называть совокупность механизмов и машин, которые предназначены для решения технической задачи. Например, компрессорный агрегат обеспечивает подачу сжатого воздуха, насосный агрегат — подачу жидкости. Одним из распространённых дефектов в работе агрегатов является расцентровка роторов агрегата.

					Классификация муфт	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

### 2.9.1 Виды и причины расцентровки агрегатов

Центровкой называется взаимное положение центров двух валов, измеренное без соединительной муфты. Если оси двух валов совпадают (соосны), составляют одну прямую линию, то центровка обеспечивается. А если не совпадают, то центровка не обеспечивается – это называется расцентровкой валов агрегата. В общем случае качество центровки определяется правильностью монтажа линии вала агрегата, контролируемая по центрам опорных подшипников вала. Расцентрованные валы можно соединить в единый вал, используя соединительные муфты, что часто делают на практике. Однако, любая расцентровка будет вызывать повышенные вибрации и нагрузки на соединённые валы. Нагрузки будут воздействовать также на муфту и подшипники, что приведёт к их повышенному износу.

Выделяют два основных вида расцентровки [13]:

- параллельная (радиальная);
- угловая.

Очень часто на практике не встречаются одиночные виды смещения, а встречаются их комбинации – параллельная и угловая. Отклонение от соосности валов приводит к возникновению нежелательных последствий: повышенная вибрация; преждевременный износ муфт (перегрев, ослабление); износ подшипников; износ уплотнений, что приведёт к увеличению выхода из строя подшипников из-за проникновения грязи и вытекания смазочного материала; преждевременный износ фундаментов, на котором установлен агрегат; увеличивается износ деталей машин, составляющих агрегат; возрастает потребление энергии двигателем до 20%. Параллельное смещение валов – это параллельное смещение осей двух центрируемых роторов относительно друг друга. Классический случай возникновения данного

					Расчетная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

вида расцентровки на практике – при проведении монтажных работ произошло смещение одного и опорных подшипников в сторону. Здесь будет комбинированная расцентровка, но большую роль будет играть параллельное смещение. Дело в том, что угол излома при смещении подшипника обычно не является существенным (не превышает одного градуса), а сдвиг валов в точке центровки может равняться одному миллиметру и более, что скажется существенно на работе агрегата.

Угловая расцентровка - это перекося оси в месте соединения валов на некоторый угол. Встречающиеся в практике случаи расцентровки валов практически всегда являются сложными, комбинированными, включающими в себя одновременно основные элементы обоих видов расцентровки. По итогам проводимой диагностики по спектрам вибросигналов выявляется наиболее сильно проявляющая себя расцентровка, по которой и дается диагноз и рекомендации к устранению. Одним из способов выявления углового смещения является проведение измерений зазоров между валами в нескольких точках по окружности. При изготовлении деталей очень сложно выдержать размеры с точностью, которая бы обеспечила соосность при соединении. Поэтому при установке машин на общей плите их валы центрируют, то есть регулируют их положение с помощью прокладок. При поставке агрегатов этой работой занимается завод – изготовитель. Допустимые отклонения валов зависят от их быстроходности и массы вращающихся деталей. Обычно, чем выше стоимость агрегата, тем более жесткие требования предъявляются к соосности валов. Существует достаточно много причин появления смещений валов в процессе работы оборудования. Это перекося оборудования в результате изменения сезонного изменения температуры; изменение режима работы агрегата, процесс износа частей агрегата; расслабление креплений и другие. Но как бы не хотелось, уставить валы так, чтобы они составляли одну прямую линию, не удастся. Так как при изготовлении реальных деталей

					Расчетная часть	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

машин всегда присутствуют погрешности изготовления. Поэтому для того, чтобы соединить несоосные валы и уменьшить влияние нагрузок применяют компенсирующие муфты. Они способны соединять валы с некоторым взаимным смещением и передавать крутящий момент от привода к рабочему органу. Возникающие при этом смещении нагрузки компенсируются за счёт упругих элементов муфты.

## 2.9.2 Методы и приспособления для центровки

Общие методы проведения центровки:

- с помощью линейки и щупов;
- радиально – осевой метод;
- метод обратных индикаторов;
- лазерный метод.

Муфтовое соединение – это место, где происходит передача энергии от привода к исполнительному органу. Следовательно, при несоосности будет возникать вибрация и разрушающие усилия. Все выше указанные методы имеют общее то, что измерения проводятся на валах и полумуфтах.

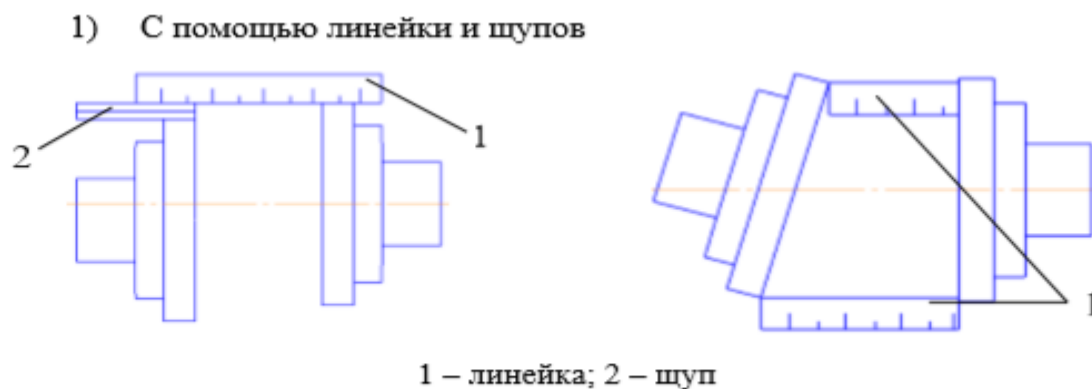
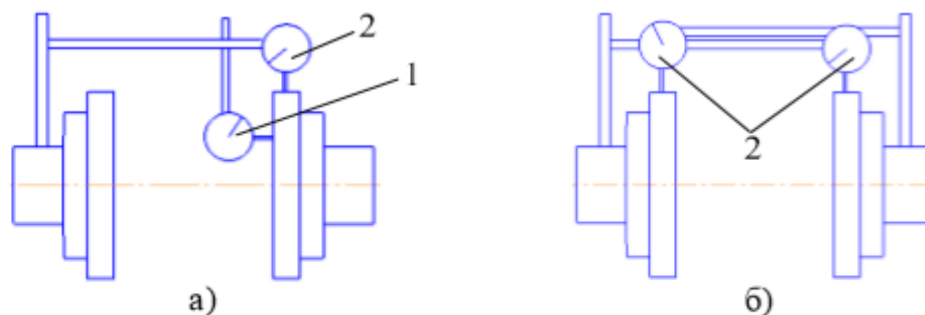


Рисунок 15 – Измерение параллельного и углового смещения

Используется для достижения грубой центровки. С помощью края линейки и набора щупов измеряется смещение, как показано на рисунке 15. Угловое смещение измеряется щупами, штангенциркулями,

линейками. Измеряются зазоры в двух противоположных точках, для определения направления и величины наклона валов.

2. Методы с использованием индикаторов. Методы с использованием индикаторов включают два вида: радиально – осевой метод и метод обратных индикаторов.

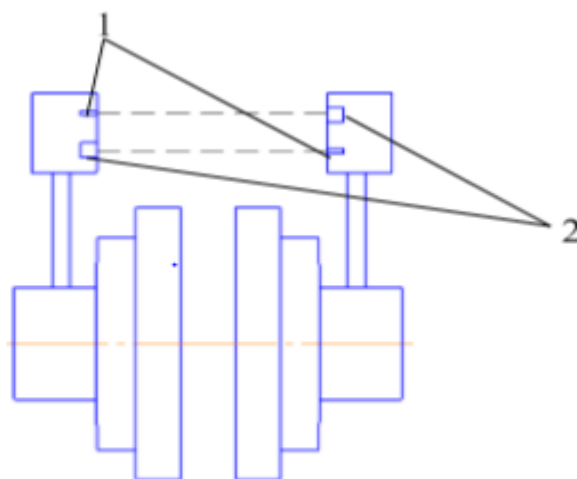


1 – индикатор осевого измерения; 2 – индикатор радиального измерения  
Рисунок 16 – а) Радиально – осевой метод; б) Метод обратных индикаторов

Радиально – осевой метод даёт хорошую точность центровки. При использовании метода одно измерение делается по окружности полумуфты для определения смещения вала. Другой индикатор измеряет в осевом направлении на фланце, определяет угловое смещение вала. Метод обратных индикаторов сразу даёт информацию о смещении и об угловом положении валов. При использовании метода проводятся два измерения по окружности муфты в двух точках для получения информации о смещении валов.

3) Лазерный метод В данном методе используются лазерные лучи и электронные детекторы. Лазерные системы для центровки состоят из излучателей, приёмников, а также электронного блока, производящий расчёт центровки. Лазерные системы объединяют в себе излучатель и приёмник (рисунок 17). Система непрерывно отображает значения несоосности и сразу обновляет показания при перемещении установки. Последнее поколение лазерных систем имеет точность до 0,001 мм.





1 – излучатель; 2 – приёмник

Рисунок 17 – Лазерный метод

Методика центровки агрегата.

Соосность горизонтальных валов определяют центрированием по полумуфтам. Перед тем как установить центровочное приспособление полумуфты должны быть разъединены, чтобы не было касаний между полумуфтами. Затем проверяют свободное проворачивание каждого из роторов и убеждаются в отсутствии задеваний. Устанавливают центровочное приспособление и производят замеры по точкам. Осевые и радиальные зазоры измеряют в исходном положении, после поворота на  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$  в направлении рабочего вращения привода. Проводят замеры в каждом положении между полумуфтами. Возвращают валы в исходное положение и проверяют первоначальные измерения. После измерения результаты заносят в круговую диаграмму (рисунок 18). Далее находят средние значения измерений (13). Проверяют правильность измерений путём суммирования результатов, полученных на противоположных сторонах муфты. Суммы должны быть между собой равны (14).

					Расчетная часть	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

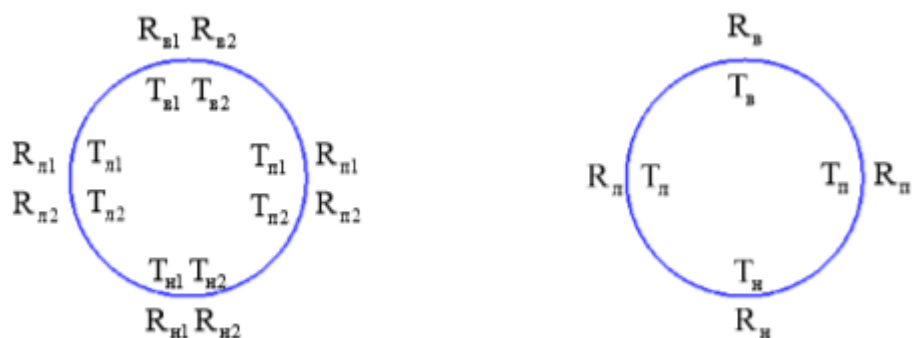


Рисунок 18 – Круговая диаграмма измерений и средних значений

Расчёт средних значений измерений и проверка измерений:

$$R_i = \frac{R_{i1} + R_{i2}}{2}; T_i = \frac{T_{i1} + T_{i2}}{2} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} R_в + R_н &= R_п + R_л \\ T_в + T_н &= T_п + T_л \end{aligned} \quad (14)$$

В случае неудовлетворительных результатов проводят перемещение опор валов. Обычно для агрегата, состоящего из электродвигателя и насоса, перемещают электродвигатель. Перемещение в вертикальной плоскости осуществляют с помощью подкладок из металлических пластин, габариты которых соответствуют опорной поверхности лапы двигателя.

В горизонтальной плоскости электродвигатель перемещают специальными болтами, которые установлены на раме. Требуемую точность центровки также можно достичь при помощи гидравлических домкратов. После перемещения двигателя снова переходят к измерениям на приспособлении. При этом устанавливают центровочную скобу в положение, соответствующее измерению корректируемой величины расцентровки со стороны большего значения. Далее перемещать опоры двигателя, чтобы измеряемый параметр уменьшался на величину, которая соответствует фактической расцентровке (15)

$$E_y = \frac{R_v - R_n}{2}; E_x = \frac{R_n - R_n}{2}; S_y = \frac{T_v - T_n}{2}; S_x = \frac{T_n - T_n}{2}. \quad (15)$$

где  $E_y(S_y), E_x(S_x)$  – радиальная и торцевая расцентровка в вертикальной и горизонтальной плоскости.

### 2.9.3 Подбор и расчёт муфт

Муфты характеризуются следующими параметрами:

- вращающим моментом;
- диаметрами соединяемых валов;
- габаритными размерами и массой муфты;
- предельной частотой вращения (зависит от прочности деталей, износостойкости, нагрева рабочих элементов и других критериев)

При работе муфты необходимо учитывать действующие на неё следующие нагрузки:

- полезный передаваемый момент;
- ударные и вибрационные нагрузки в процессе работы;
- инерционные нагрузки в период неустановившегося движения машины;
- нагрузки от деформации упругих элементов муфты.

Для долговременной работы муфты необходимо произвести правильный выбор. Большинство муфт стандартизованы, хотя они также могут изготавливаться на заказ по заявке проектных организаций и заводов.

Основными характеристиками при подборе муфт по ГОСТу, справочнику или каталогу является передаваемый вращающий момент, учитывающий условия работы муфты и диаметры соединяемых валов. Таким образом, расчётный передаваемый момент муфты будет рассчитываться по формуле [14,15]:

					Расчетная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

$$T_{расч} = k \cdot T_{ном}$$

где  $T_{ном}$  – номинальный момент, передаваемый муфтой;

$k$  – коэффициент динамичности (режима работы муфты), учитывающий дополнительные динамические нагрузки на муфту.

При ориентировочных расчетах с приводом электродвигателя  $k$  приближенно принимают:

- для машин с небольшими разгоняемыми массами и спокойной работе (конвейеры, транспортеры, металлорежущие станки)  $k = 1,0 - 1,5$ ;
- для машин со средними разгоняемыми массами и средней переменной нагрузкой (поршневые компрессоры, строгальные станки, мельницы)  $k = 1,5 - 2,0$ ;
- для машин с большими разгоняемыми массами и ударными нагрузками (молоты, прокатные станы, шаровые мельницы)  $k = 2,5 - 3,0$ .

Часто муфты изготавливают индивидуально. При выборе конструкции муфты учитывают ее назначение, особенности конструкции механизма, условия эксплуатации, характер нагрузки. После выбора муфты проводят проверку на прочность наиболее слабых элементов муфты. Проверяют, чтобы номинальный момент муфты был выше максимального крутящего момента электродвигателя. Иначе, могут произойти неисправности работы муфты, разрушения составных элементов, трещины, потеря смазки и масла.

					Расчетная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

### Глава 3 Расчетная часть

В процессе эксплуатации нефтеперекачивающие насосные агрегаты подвержены воздействию динамических нагрузок. С целью уменьшения вредного влияния вибрации и обеспечения плавности передачи для нефтеперекачивающей станции мною была предложена модель канатной муфты. Канат будет расположен по периметру муфты, т.е. на канат будет действовать осевые нагрузки, в этом случае канат будет испытывать растягивающие нагрузки. Канат имеет возможность поворачиваться относительно основания, тем самым передвая вращающий момент и устранять расцентровку. Кроме того, навеска на канат дополнительного груза может центрировать и сбалансировать это муфтовое соединение и провести эксплуатацию без разбора. Это самый простой и самый эффективный вариант для повышения эксплуатационных свойств канатной муфты для нефтеперекачивающей станции (рисунок 20).

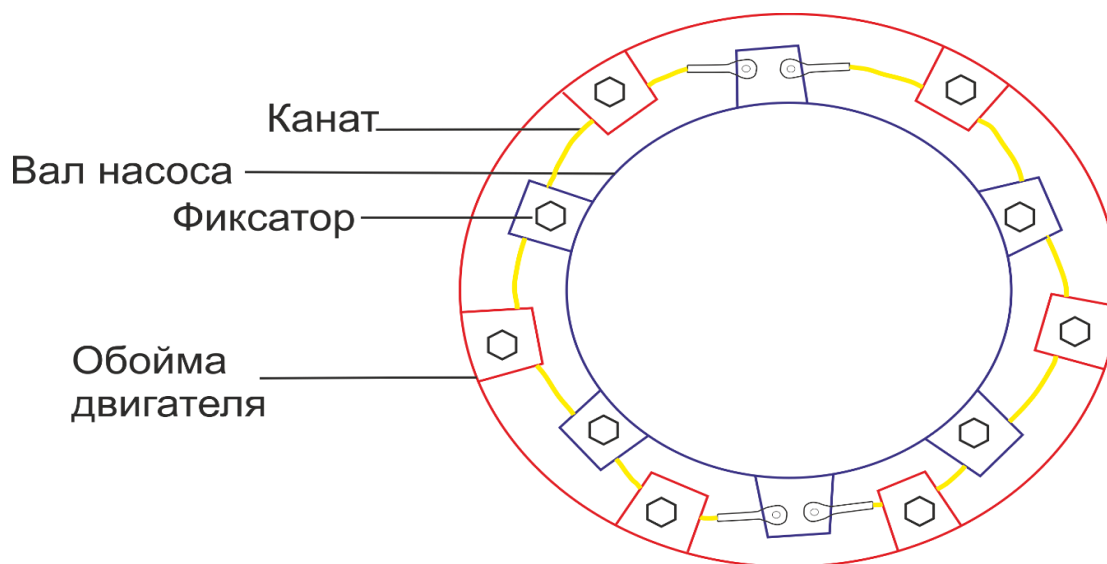


Рисунок 20. Модель канатной муфты по периметру насоса

					Разработка технических решений направленных на повышение эксплуатационных свойств муфтовых соединений нефтепродуктаперекачивающих станций		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Кузибоев Б.Б			Расчетная часть	Лит.	Лист
Руковод.		Рудаченко А.В					58
Консульт.							164
Рук-ль ООП		Брусник О.В				ТПУ гр. 256Б	

### 3.1 Проверка на прочность стальных канатов

Для проверки условия прочности стальных канатов необходимо определить вращающий момент используемого электродвигателя.

Для дальнейших расчетов рассмотрим насосный агрегат, состоящий из насоса МН 3600/210 и электродвигателя типа СТД 4000 2РУХЛ4 мощностью 4 МВт, частота оборота которого составляет 3000 об/мин.

Вращающий момент электродвигателя рассчитывается по следующей формуле:

$$M = \frac{N}{\omega},$$

где  $M$  – вращающий момент (кгс · м);

$N$  – мощность двигателя (Вт);

$\omega$  – угловая скорость (рад/с).

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$$

где  $n$  – число оборотов ( об / сек ).

$$M = \frac{400000 \cdot 60}{2 \cdot 3,14 \cdot 3000} = 1299,36 \text{ кгс} \cdot \text{м}$$

Определим силу:

$$F = M \cdot r ,$$

где  $M$  – вращающий момент ( кгс · мм );

$r$  – радиус (плечо),  $r = 18$  мм.

$$F = 1299,36 \cdot 18 = 23624,78 \text{ кгс}$$

Подбор и расчет канатов на прочность будем проводить согласно «Рекомендации по выбору типов и расчету прочности стальных канатов, применяемых в строительных металлических конструкциях» [15].

					Расчетная часть	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В изготовлении муфты применим канат двойной свивки типа ЛК-Р конструкции  $6 \times 19 \left(1 + 6 + \frac{6}{6}\right) + 7 \times 7(1 + 6)$ . Сортамент, диаметром 36 мм (ГОСТ 14954-80).

Расчет по прочности стальных канатов, применяемых, в качестве гибких несущих элементов, а также напрягаемых элементов предварительно напряженных конструкций следует выполнять по условию:

$$\frac{F}{A} < \frac{R_{dh} \cdot Y_c \cdot Y_B}{Y_n},$$

где  $R_{dh}$  - расчетное сопротивление каната;

$Y_c$  - коэффициент общих условий работы канатного элемента, принимаемый по таблица 1;

$Y_B$  - коэффициент условий работы, учитывающий влияние на прочность каната концевых анкерных креплений и промежуточных концентраторов напряжений, принимаемый по таблице 2;

$Y_n$  - коэффициент надежности по назначению, учитывающий степень ответственности и капитальности сооружения, принимаемый в соответствии с действующими нормативными документами, заданиями и специальными техническими условиями для конкретных сооружений принимаем  $Y_n = 1,5$ .

Таблица 1 — Значения коэффициента условий работы  $Y_c$

Элементы конструкций	Коэффициенты условий работы $Y_c$
Кабели, ванты, ширенгели и другие канатные элементы линейно-протяженных конструкций.	0,85
Канатные элементы пространственных висячих и вантовых покрытий	0,95

Затяжки, оттяжки, обратные кабели и другие канатные элементы предварительно напряженных конструкций.	1,0
Оттяжки мачт и несущие элементы канатных полотен антенно-мачтовых	0,8...0,95 по табл. 46 СнП П-23-81

Таблица 2 — Значение коэффициента  $\gamma_v$

Узлы и детали канатных конструкций	Узлы и детали канатных конструкций
Концевые крепления с заливкой сплавом ЦАМ9-1,5 на длине не менее 5 диаметров каната	
а) закрытых канатов	0,95
б) спиральных канатов и канатов двойной свивки с металлическим сердечником	1,0
Концевые крепления:	
– с заливкой в конической полости корпуса эпоксидным компаундом;	
– при клиновых анкерах с алюминиевыми прокладками и заполнением пустот эпоксидным компаундом;	
– со сплющиванием или высадкой концов круглых параллельных проволок, закреплением их в анкерной плите и заполнением пустот эпоксидным компаундом со стальной	1,0
Концевые крепления гильзоклинового типа	0,95
Перегибы или отклонения каната вокруг жесткого основания по круговой кривой	
а) при отношении $\frac{r}{d}$ (где $r$ – радиус конвой, $d$ – диаметр каната) не менее: 25 – для спиральных (в т.ч. закрытых) канатов, 20 – для канатов двойной свивки с металлическим	1,0
б) при отношении $\frac{r}{d}$ не менее: 20 – для закрытых канатов, 15 – для спиральных канатов из круглых проволок, 12 – для канатов двойной свивки с металлическим сердечником	0,9



Узлы с перегибом и поперечным обжатием закрытых канатов усилием $q$ , не превышающим 25 кН/см (2500 кг/см):	
$q = \frac{N}{r} + \frac{\sum N_{\varepsilon}}{l}$	
где $N$ – расчетное усилие растяжения каната; $\sum N_{\varepsilon}$ – суммарное усилие предварительного натяжения всех прижимных болтов в узле, отнесены к одному канату; $l$ – длина контакта каната с	
Концевые крепления канатов на коуше зажимами, оплеткой или точечным опрессованием во втулке	СниП II- 23-81* только для оттяжек и элементов антенных полотен антенно-мачтовых сооружений

Расчетное сопротивление  $R_{dh}$  для канатов из параллельных проволок следует определять по формуле:

$$R_{dh} = 0,63 \cdot R_{ип};$$

где  $R_{ип}$  - наименьшее временное сопротивление проволоки разрыву по государственным стандартам или техническим условиям [33],

$$R_{ип} = 140 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}.$$

$$R_{dh} = 140 \cdot 0,63 = 88,2 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}.$$

Расчетное сопротивление  $R_{dh}$  для витых спиральных (в т.ч. закрытых) канатов и канатов двойной свивки с металлическим сердечником определяется по формулам:

$$R_{dh} = \frac{|\sum P_{ип}|}{AY_m},$$

где  $\sum P_{ип}$  - значение разрывного усилия каната в целом указанное в государственном стандарте или технических условиях, либо полученное на основании статически обоснованных результатов испытаний образцов;

$Y_m$  - коэффициент надежности по материалу в соответствии с п.3.9

СниП Н-23-81\*, равный  $Y_m = 1,6$ ;

$$R_{dh} = K \frac{P_{ип}}{AY_m},$$

где  $K$  - коэффициент агрегатной прочности витого каната по таблице 1.

Расчет по формуле следует выполнять в тех случаях, когда в стандарте или технических условиях отсутствует значение разрывного усилия каната в целом  $\sum P_{ип}$ .

Проверим прочность, так как для соединения полумуфт будем использовать 2 каната то умножаем площадь сечения каната на 2 [5].

$$\frac{F}{2A} = \frac{23624,78}{2 \cdot 3,14 \cdot 18^2} = 21,14 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2};$$

$$\frac{R_{dh} \cdot Y_c \cdot Y_B}{Y_n} = \frac{88,2 \cdot 1 \cdot 1}{1,5} = 47,481 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}.$$

$$21,14 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2} < 47,481 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}.$$

Условие прочности для канатов выполняется, предложенный диаметр и тип каната выдерживает прикладываемые к нему механические нагрузки.

### Выводы по расчетной части

Из нормативной документации каната известно, что напряжение на разрыв каната составляет 1900 МПа. Проведенный анализ состояния модели муфты показал, что уровень напряжений, возникающих в канате при нагружении муфты, не превышает значения 1400 МПа, что составляет 87,5 процента от допустимого значения

					Расчетная часть	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

#### 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

##### 4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

###### 4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар.

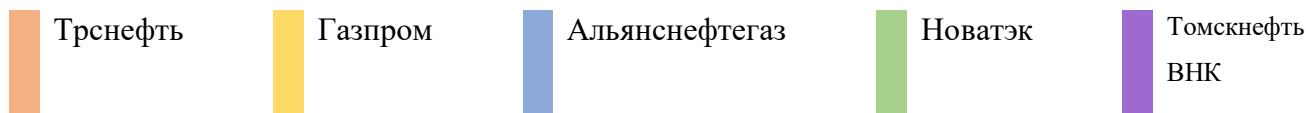
					Разработка технических решений направленных на повышение эксплуатационных свойств муфтовых соединений нефтепродуктаперекачивающих станций							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								
Разраб.		Кузибоев Б.Б			Расчетная часть			Лит.	Лист	Листов		
Руковод.		Рудаченко А.В								58	164	
Консульт.		\						ТПУ гр. 2Б6Б				
Рук-ль ООП		Брусник О.В										

Критерии сегментирования можно применять различные. Они могут быть географические, демографические, поведенческие.

Целесообразно выбрать два наиболее значимых критерия: *размер компании* на территории РФ и деятельность компании (Таблица 20).

Таблица 20 – Карта сегментирования рынка услуг по ремонтным работам резервуаров

		Отрасль	
		Нефтедобывающие предприятия	Нефтеперерабатывающие предприятия
Размер компании	Крупные		
	Средние		
	Мелкие		



По таблице можно сделать вывод о том, что основные сегменты рынка – крупные и малые компании. Это означает, что наиболее перспективным сегментом в отраслях нефтедобычи и нефтепереработки для формирования спроса является группа независимых крупных и малых нефтедобывающих компаний.

#### 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

При ведении собственного производства необходим систематический анализ конкурирующих разработок во избежание потери занимаемой ниши рынка. Периодический анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности позволяет оценить эффективность научной разработки по сравнению с конкурирующими предприятиями. Из

наиболее влияющих предприятий–конкурентов в области подготовки нефти.

В табл. 21 приведена оценочная карта, включающая конкурентные технические решения в области.

Таблица 21 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Количество выхода продукта	0,17	4	5	3	0,68	0,85	0,51
2. Качество продукта	0,09	5	4	3	0,45	0,36	0,27
3. Энергоемкость процессов	0,05	4	5	3	0,2	0,25	0,15
4. Надежность моделирования	0,15	5	4	4	0,75	0,6	0,6
5. Безопасность	0,17	4	4	4	0,68	0,68	0,68
6. Качество интеллектуального интерфейса	0,06	5	4	4	0,3	0,24	0,24
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
7. Цена	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
8. Конкурентоспособность продукта	0,04	5	4	4	0,2	0,16	0,16
9. Уровень проникновения на рынок	0,04	4	5	5	0,16	0,2	0,2
10. Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	5	4	3	0,3	0,24	0,18
11. Срок выхода на рынок	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
12. Финансирование научной разработки	0,05	4	3	5	0,2	0,15	0,25
<b>Итого</b>	<b>1</b>				<b>4,52</b>	<b>4,26</b>	<b>3,72</b>

Б<sub>ф</sub> – продукт проведенной исследовательской работы

В ходе анализа конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения выявлено, что разработка является конкурентоспособной как по техническим критериям, так и с экономической точки зрения.

### 4.1.3 Технология QuaD

Технология QuaD (Quality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество предложенного технического решения и его перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
<b>Показатели оценки качества разработки</b>					
1. Энергоэффективность	0,07	90	100	0,80	0,063
2. Помехоустойчивость	0,04	85	100	0,60	0,034
3. Надежность	0,08	95	100	0,95	0,076
4. Унифицированность	0,02	55	100	0,55	0,011
5. Уровень материалоемкости разработки	0,03	90	100	0,90	0,027
7. Безопасность	0,15	95	100	0,95	0,143
8. Потребность в ресурсах памяти	0,01	90	100	0,90	0,009
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,03	80	100	0,80	0,024
10. Простота эксплуатации	0,03	90	100	0,65	0,027
12. Ремонтопригодность	0,08	90	100	0,75	0,072

13. Конкурентоспособность продукта	0,08	95	100	0,60	0,076
14. Уровень проникновения на рынок	0,03	75	100	0,50	0,023
15. Перспективность рынка	0,04	80	100	0,80	0,032
16. Цена	0,05	95	100	0,70	0,048
17. Послепродажное обслуживание	0,05	85	100	0,85	0,043
18. Финансовая эффективность научной разработки	0,04	90	100	0,90	0,036
19. Срок выхода на рынок	0,05	75	100	0,65	0,038
20. Наличие сертификации разработки	0,06	75	100	0,60	0,045

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i = 52,07,$$

где  $P_{cp}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Значение  $P_{cp}$  позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Так как средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки находится в диапазоне значений от 79 до 60, то перспективность технического решения выше среднего.

#### 4.1.4 SWOT–анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно–исследовательского проекта.

Результаты первого этапа SWOT–анализа представлены в табл. 22

					Расчетная часть	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 22 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Систематическое повышение уровня квалификации.</li> <li>2. Наличие квалифицированного персонала, имеющего опыт работы в данной области.</li> <li>3. Наличие постоянных поставщиков.</li> <li>4. Высокое качество продукции, соответствующее мировым стандартам.</li> <li>5. Внедрение новых узлов оборудования и совершенствования технологических процессов.</li> </ol>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Низкий уровень заработной платы для молодых специалистов.</li> <li>2. Устаревшее оборудование.</li> <li>3. Высокая степень износа оборудования.</li> <li>4. Повышение цен у поставщиков.</li> <li>5. Высокий уровень ценна выпускаемую продукцию.</li> </ol>
--	--	---



## Продолжение таблицы 22

<p>Возможности:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Малое количество посредников на территории Южно-Восточной Азии.</li> <li>2. Небольшое количество конкурентов на территории Восточной Азии.</li> <li>3. Высокое качество поставляемых ресурсов.</li> </ol>	<p>Сильные стороны и возможности:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Эффективное использование ресурсов производства.</li> <li>2. Оптимизация количества посредников за счет постоянных и проверенных поставщиков (пользоваться услугами постоянных поставщиков).</li> <li>3. Поддержание увеличения спроса и выхода на новые рынки сбыта товара за счет высокого качества продукции.</li> </ol>	<p>Слабые стороны и возможности:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Создание эффективной системы мотивации и стимулирования для сотрудников.</li> <li>2. Нарботка и укрепление конкурентных преимуществ продукта.</li> <li>3. Модернизация оборудования.</li> <li>4. Внедрение технологии</li> <li>5. Выбор оптимального поставщика и заключение договорных отношений</li> </ol>
<p>Угрозы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Увеличение уровня налогов.</li> <li>2. Повышение требований к качеству продукции.</li> <li>3. Несвоевременные поставки сырья и оборудования.</li> </ol>	<p>Сильные стороны и угрозы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Применение оптимальной налоговой политики.</li> <li>2. Внедрение менеджмента качества.</li> <li>3. Выбор оптимального поставщика и заключение договорных отношений.</li> </ol>	<p>Слабые стороны и угрозы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышение цен на выпускаемую продукцию.</li> <li>2. Выбор оптимального поставщика и заключение договорных отношений.</li> </ol>

## 4.2 Планирование научно–исследовательских работ

### 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

					Расчетная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Таблица 4.6 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор темы исследования	1	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, исполнитель
	2	Выбор алгоритма исследований	Руководитель
	3	Подбор и изучение литературы по теме	Исполнитель
Разработка технического задания	4	Составление и утверждение тех. задания	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретического анализа существующих технических решений	Исполнитель
	6	Проведение теоретических расчетов и обоснование	Исполнитель
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка результатов исследования	Руководитель, исполнитель
Оформление отчета по исследовательской работе	8	Составление пояснительной записки	Руководитель, исполнитель

#### 4.2.2 Определение трудоемкости выполняемых работ

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется формула:

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_{min_i} + 2 \cdot t_{max_i}}{5},$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, человеко-дни;

					Расчетная часть	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$t_{min_i}$  – минимальная возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предложении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), человеко-дни;

$t_{max_i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предложении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), человеко-дни.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями по формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i},$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность  $i$ -ой работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$Ч_i$  - численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на  $i$ -ом этапе, чел.

#### 4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для расчета длительности работ в календарных днях, используется формула:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -ой работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность  $i$ -ой работы, раб. дней;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

В 2019 году –  $T_{\text{кал}} = 365$  дней,  $T_{\text{вых}} = 118$  дней,  $T_{\text{пр}} = 17$  дней.

Подставим численные значения в формулу:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118 - 17} = 1,58$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе, округляют до целого числа и заносят в таблицу.

Линейный график представлен в виде таблицы (табл. 23).

Таблица 23 – Календарный план проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
Изучение литературы, составление литературного обзора	38	20.01.19	28.02.19	Руководитель Исполнитель
Расчет математического модели	20	01.03.19	20.03.19	Исполнитель
Обсуждение полученных результатов	24	21.03.19	15.04.19	Исполнитель
Оформление выводов	19	16.04.19	02.05.19	Руководитель Исполнитель
Оформление пояснительной записки	21	03.05.19	24.05.19	Руководитель Исполнитель
<b>Итого:</b>	122	11.01.19	25.05.19	

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ в табл. 24.

Таблица 24 – Календарный план–график проведения НИОКР по теме

Вид работ	Исполни тели	Тк, кал, дни	Продолжительность выполнения работ													
			янв		февр			март			апрель			май		
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
Изучение литературы, составление литературного обзора	Исполнител ь, руководител ь	38		<div></div>												
Расчет на математичес кой модели	Исполнител ь	20						<div></div>								
Обсуждение полученных результатов	Исполнител ь	24								<div></div>						
Оформление выводов	Исполнител ь, руководител ь	19										<div></div>				
Оформление пояснительной записки	Исполнител ь, руководител ь	21											<div></div>			



- Руководитель



- Исполнитель

### 4.3 Бюджет научно–технической разработки

#### 4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость

материальных затрат включают транспортно–заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов).

Расчет материальных затрат НТР включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_{\text{м}}) \cdot \sum_{i=1}^m \text{Ц}_i \cdot N_{\text{расх } i},$$

где  $k_{\text{м}}$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы;

$m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$\text{Ц}_i$  – цена приобретения  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования, руб.;

$N_{\text{расх } i}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.).

Результаты по данной статье указаны в табл. 25.

Таблица 25 – Материальные затраты

Наименование	Ед.изм.	Количество			Цена за ед., т.руб			Затраты на материалы, (Зм), т.руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Гипсан	м <sup>3</sup>	9,44	15	13	15,4	16,5	16	145,4	247,5	208,0
Марвелан	м <sup>3</sup>	0,038	0,08	0,07	17,9	18	19	0,7	1,4	1,3
Канцелярские товары (бумага)	шт	3	4	3	2	2	2	6	8	6
ИТОГО:								152,1	256,9	215,3

					Расчетная часть					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						9

#### 4.3.1 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стенов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме (табл. 26). Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Таблица 26 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

Наименование	Ед.изм.	Количество			Цена за ед., т.руб			Затраты на оборудования, (Зм), т.руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Пост газовой резки	шт	1	2	2	17	18	17,5	17	36	38
Лебедка	шт	1	3	2	87	90	105	87	270	210
Компьютер	шт	1	2	1	30	50	40	30	100	40
Монитор	шт	1	2	1	5	7	7	5	14	7
ИТОГО:								139	420	425

#### 4.3.2 Основная заработная плата исполнителей работы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно–технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда). Расчет основной заработной платы сводим в табл. 27.

					Расчетная часть	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 27 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Зб, руб.	$k_p$	Зм, руб	Здн, руб.	$T_p$ , раб.дн.	Зосн, руб.
Руководитель	29944,9	1,3	38928,42	1955,15	62	121219,3
Исполнитель	12500				80	52261,3

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (1)$$

Где  $Z_{осн}$ ,  $Z_{доп}$  – основная и дополнительная заработная плата;

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (2)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 27);

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб. Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (3)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно – технического персонала, раб.дн. (табл. 28).



Таблица 28– Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней –выходные дни –праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени –отпуск –невыходы по болезни	24	48
Действительный годовой фонд рабочего времени	223	199

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

#### 4.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей работы

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10–15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (4)$$

где  $З_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата, руб;  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;  $З_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб.

В табл. 29 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 29 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Исполнитель
Основная зарплата	121219,3	52261,3
Дополнительная зарплата	18142,64	–
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	139402,2	52261,3

#### 4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (5)$$

где  $k_{\text{внеб}} = 27,1 \%$  коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл. 30).

Таблица 30 – Отчисления на социальные нужды

	Руководитель	Исполнитель
Зарплата	121219,3	52261,3
Отчисления на социальные нужды	37767,1	14158,8

#### 4.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}} \quad (6)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

#### 4.3.6 Формирование бюджета затрат научно–исследовательской работы

Определение бюджета затрат на научно–исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 31.

Таблица 31 – Расчет бюджета затрат НТИ

					Расчетная часть	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Наименование статьи	Сумма, руб		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1. Материальные затраты НТИ	152100	256900	21530 0
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	139000	420000	295000
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	173480,6		
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	18182,9		
5. Отчисления во внебюджетные фонды	51925,9		
6. Накладные расходы	86442	148170	121514
7. Бюджет затрат НТИ	626704,6	1074233	880976,6

#### **4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

##### **4.4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования**

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат двух вариантов исполнения научного исследования (табл. 32). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Таблица 32 –Группировка затрат по статьям аналогов разработки

Затраты по статьям						
Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Накладные расходы	Итого себестоимость
152100	139000	173480,6	18182,9	57499	86442	626704,6
256900	420000	173480,6	18182,9	57499	148170	1074233
215300	295000	173480,6	18182,9	57499	121514	880976,6

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = \frac{1074233}{1074233} = 0,58, \quad (8)$$

$$I_{\Phi}^{a1} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = \frac{626704,6}{1074233} = 1, \quad (9)$$

$$I_{\Phi}^{a2} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = \frac{880976,6}{1074233} = 0,82, \quad (10)$$

где  $I_{\Phi}^p$  – интегральный финансовый показатель разработки;  $\Phi_{pi}$  – стоимость i-го варианта исполнения;  $\Phi_{pi}$  – максимальная стоимость исполнения научно–исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разы.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

					Расчетная часть	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i^a, \quad (11)$$

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i^p, \quad (12)$$

где  $I_m$  – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;  $a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го параметра;  $b_i^a, b_i^p$  – балльная оценка  $i$ -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;  $n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в табл.33.

Таблица 33 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1. Способствует росту производительности труда	0,1	3	4	5
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	5	3
3. Помехоустойчивость	0,15	4	5	4
4. Энергосбережение	0,2	5	4	4
5. Надежность	0,25	4	5	4
6. Материалоемкость	0,15	5	5	3
ИТОГО	1	4,6	4,4	3,5

$$I_m^p = 3 \times 0,1 + 4 \times 0,15 + 4 \times 0,15 + 5 \times 0,2 + 4 \times 0,25 + 5 \times 0,15 = 4,25, \quad (13)$$

$$I_1^A = 4 \times 0,1 + 5 \times 0,15 + 5 \times 0,15 + 4 \times 0,2 + 5 \times 0,25 + 5 \times 0,15 = 4,7, \quad (14)$$

$$I_2^A = 5 \times 0,1 + 3 \times 0,15 + 4 \times 0,15 + 4 \times 0,2 + 4 \times 0,25 + 5 \times 0,15 = 4,2, \quad (15)$$

Интегральный показатель эффективности разработки ( $I_{\text{финр}}^p$ ) и аналога ( $I_{\text{финр}}^a$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p} = \frac{4,25}{0,58} = 7,3 ,$$

(16)

$$I_{\text{финр}}^{a1} = \frac{I_m^{a1}}{I_{\phi}^{a1}} = \frac{4,7}{1} = 4,7 ,$$

(17)

$$I_{\text{финр}}^{a2} = \frac{I_m^{a2}}{I_{\phi}^{a2}} = \frac{4,2}{0,82} = 5,1 ,$$

(18)

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта (табл. 40).

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^{a1}} = \frac{7,3}{4,7} = 1,6 ,$$

(19)

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^{a2}} = \frac{7,3}{5,1} = 1,43 , \quad (20)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{ср}}$  – сравнительная эффективность проекта;  $I_{mз}^p$  – интегральный показатель разработки;  $I_{mз}^a$  – интегральный технико–экономический показатель аналога.

					Разработка технических решений направленных на повышение эксплуатационных свойств муфтовых соединений нефтепродуктаперекачивающих станций		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Кузибоев Б.Б			Расчетная часть	Лит.	Лист
Руковод.		Рудаченко А.В					Листов
Консульт.							58
Рук-ль ООП		Брусник О.В					164
						ТПУ гр. 256Б	

Таблица 34 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,58	1	0,82
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7	4,25	4,2
3	Интегральный показатель эффективности	7,3	4,7	5,1
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,6	1,43	

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет судить о приемлемости существующего варианта решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

**Вывод:**

В ходе выполнения данной работы были рассмотрены следующие вопросы:

- составление календарного плана проект, на основании которого была построена диаграмма Ганта;
- определение бюджета НТИ. При использовании исп. 1 исполнения потребуется 626704,6 руб. – это наименьший показатель среди трех рассмотренных вариантов;
- определение ресурсной (ресурсоберегающей), финансовой эффективности исследования. У исп. 1 исполнения наилучшие показатели.

Разница среди затрат на бюджет НТИ трех исполнении большая. Наименьшая сумма – 626704,6 руб., а наибольшая – 1074233 руб. Учитывая показатели ресурсной (ресурсоберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности, целесообразно для проведения исследования будет выбрать исп. 1 исполнения.

## 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### Введение

В данной бакалаврской работе исследуется разработка технических решений, направленных на повышение эксплуатационных свойств муфтовых соединений оборудования нефтепродукта - перекачивающих станций.

Социальная ответственность или корпоративная социальная ответственность – ответственность перед людьми и данными им обещаниями, когда организация учитывает интересы коллектива и общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров (ГОСТ Р ИСО 26000-2012). Оборудование и системы НПС должны эксплуатироваться с учетом требований действующих руководящих документов, регламентов ОАО «АК «Транснефть», правил и инструкций по эксплуатации оборудования. В помещениях насосных станций должны быть вывешены технологические схемы, инструкции по охране труда и пожарной безопасности.

Помещения на насосной станции должны быть оборудованы телефонной связью, звуковой и световой сигнализацией, предупреждающей об аварийной ситуации. Целью выполнения данного раздела бакалаврской работы является выявление и анализ перечисленных опасностей в рабочей зоне.

					Разработка технических решений направленных на повышение эксплуатационных свойств муфтовых соединений нефтепродуктаперекачивающих станций							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								
Разраб.		Кузибоев Б.Б			Расчетная часть			Лит.	Лист	Листов		
Руковод.		Рудаченко А.В								58	164	
Консульт.								ТПУ гр. 2Б6Б				
Рук-ль ООП		Брусник О.В										



## 5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

### 5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Персонал, обслуживающий магистральный нефтепровод работает вахтовым методом в условиях Крайнего Севера . Поэтому, осуществление правового регулирования труда рабочих данной отрасли в данном субъекте Российской Федерации, соблюдается с учетом норм, установленных в статьях 297-302 Трудового кодекса Российской Федерации: глава 47 «Особенности регулирования труда лиц, работающих вахтовым методом».

Правовое регулирование труда работников данной отрасли включает в себя следующие характерные особенности:

Величина рабочего времени и времени отдыха: устанавливаться в соответствии с трудовым законодательством и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права . Конкретная продолжительность ежедневной работы (смены) определяется с учетом характера и специфики производства, а также условий труда . Продолжительность рабочего времени при вахтовом методе работы составляет 12 часов в сутки. В течение рабочего дня сотрудникам предоставляется перерыв для отдыха и питания не более двух часов и не менее 30 минут. Всем сотрудникам предоставляются ежегодные оплачиваемые отпуска продолжительностью 28 календарных дней с сохранением места работы (должности) и среднего заработка

Заработная плата: При расчете оплаты труда в районах Крайнего Севера учитываются районные коэффициенты и процентные надбавки к заработной плате. Районный коэффициент к заработной плате устанавливается в следующих размерах:

- на объектах, расположенных южнее Полярного круга : 1,7

					СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

- на объектах, расположенных севернее Полярного круга :

1,8

Также выплачивается процентная надбавка к заработной плате за стаж работы в указанных районах (предельный размер процентной надбавки к заработной плате – 80%)

### **5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

Согласно ГОСТ 12.0.002-2014 факторы производственной среды делят на опасные и вредные. Опасный производственный фактор – это фактор среды и трудового процесса, воздействие которого на работающего при определенных условиях приводит к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья. То есть, он может быть причиной острого заболевания или внезапного резкого ухудшения здоровья и смерти.

Вредный производственный фактор – это фактор среды и трудового процесса, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению работоспособности.

К определенным условиям относятся следующие условия труда:

- интенсивность;
- длительность;
- тяжесть;
- напряженность.

Неблагоприятные условия труда, которые могут вызвать профессиональное заболевание, временное или стойкое снижение работоспособности привести к нарушению здоровья потомства.

					СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 5.2 Производственная безопасность

Производственная безопасность—это состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий. Опасными производственными объектами являются предприятия или их цеха, участки, площадки, а также иные производственные объекты, указанные в Федеральном законе от 21 июля 1997 года N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Требования промышленной безопасности – это условия, запреты, ограничения и другие обязательные требования, содержащиеся в федеральных законах, нормативных правовых актах Российской Федерации, федеральных нормах и правилах в области

промышленной безопасности, а также в нормативных технических документах, которые принимаются в установленном порядке и соблюдение которых обеспечивает промышленную безопасность.

В таблице 6.1.представлен перечень опасных и вредных производственных факторов, характерных для проектируемой производственной среды, в соответствии с отечественным ГОСТ 12.0.003-2015

Таблица 6.1 – Вредные и опасные факторы

Факторы (согласно ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Отклонение показателей микроклимата		+	+	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ[6] ГОСТ 12.1.019-2017[8]
2.Повышение уровня шума	+	+	+	

3.Отсутствие или недостаток естественного света		+	+	ГОСТ 12.1.046-2014 ССБТ[9] МР 2.2.7.2129-06[10] ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ[11] СП 3.1.3.2352-08[13]
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	
5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека		+	+	

### 5.2.1 Анализ выявленных вредных факторов

### 5.2.2 Анализ выявленных факторов и меры по их устранению

#### 1. Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе рабочей зоны

К метеорологическим условиям производственной среды относятся: относительная влажность, барометрическое давление, скорость движения и температура воздуха, интенсивность теплового излучения от нагретых поверхностей. Все эти условия оказывают влияние на здоровье и самочувствие человека, на его функциональную деятельность. Различные их сочетания позволяют добиться благоприятных условий для работы человека. Например, при повышенной температуре в помещении следует увеличить скорость движения воздуха. Однако неправильное сочетание может принести вред. Микроклимат в помещении насосного зала поддерживается при помощи системы вентиляции и отопления. В жаркое время года в насосном зале поддерживают нормативную температуру + 22...+ 24 °С с помощью приточно-вытяжной вентиляции, а в холодный период + 18 ...+ 20 °С с помощью электрического отопления. Относительная

влажность должна составлять 40-60%, скорость движения воздуха – 0,1 м/с в холодный период года , 0,2 м/с – в теплый.

## **2. Превышение уровня вибрации**

Вибрация возникает из-за кавитации при работе насосов, пульсаций давлений, динамического не уравнивания вращающихся частей. Следствием вибрации может служить на рушение герметичности и механической прочности оборудования, что в свою очередь может быть причиной аварий. Вредное воздействие на организм человека заключается в функциональных расстройствах органов. В результате появляются головные боли, повышенная раздражительность и утомляемость, боли в суставах, нарушения координации движений. В отдельных случаях возникают необратимые изменения в сердечно-сосудистой и нервной системах, а также в опорно-двигательном аппарате.

Для снижения уровня вибрации в насосном зале применяются следующие меры;

- Применение дистанционного управления исключает необходимость обслуживающего персонала длительное время находиться в зоне вибро-акустического воздействия. Таким образом, находиться в насосном зале есть необходимость только во время работ по техническому обслуживанию или осмотру и во время ремонтных работ.
- Активная и пассивная виброизоляция, использование виброкомпенсирующих устройств.
- Своевременное и качественное проведение ремонтных и монтажных работ. Прежде всего, это центровка, балансировка роторов насосов и электродвигателей.

					СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 3.Превышение уровня шума

Источники ми шума и вибрации в насосном зале являются: насосы, электродвигатели, трубопроводы, элементы вентиляционных систем.

Одна ко самые значительные воздействия оказывают МНА. Уровень шума и вибрации выше нормированных значений оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека и результат его работы. Длительное воздействие шума снижает остроту слуха, изменяет кровяное давление, ухудшает зрение, нарушает координацию движений. Особенно негативное воздействие шум оказывает на сердечно-сосудистую и нервную системы человека.

Для снижения уровня шума в насосном зале применяются следующие меры;

- Применение средств коллективной защиты. Оборудование, являющееся источником шума, располагают отдельно от других административных и производственных помещений. Стены выполняют из материала, обеспечивающего хорошую звукоизоляцию. На пример, из металла-полиуретанового пенопласта
- Применение средств индивидуальной защиты. Применяются вкладыши, представляющие собой мягкие тампоны, пропитанные смесью парафина и воска, или жесткие вкладыши из резины. Вкладыши компактны и дешевы, одна ко недостаточно эффективны, та к ка к способны снизить уровень шума только на 5-20 дБА. При недостаточности акустических характеристик на ушников, применяют звукоизолирующие шлемы.
- 

### 4.Повышенна я запыленность и загазованность рабочей зоны

Насосный зал общего укрытия является наиболее опасным объектом на НПС, поскольку здесь сконцентрировано наибольшее количество токсичных газов, к которым относятся пары нефти,

					СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

сероводорода , метана , легких углеводородов.

Основными источниками их выделения являются:

- Предохранительные устройства В случае останковки МНА срабатывает установка сглаживания волн давления (УСВД), и часть нефти сбрасывается в емкость сброса ударной волны, в результате чего имеется интенсивное газовыделение.
- На рушения герметичности оборудования (дефекты материалов и строительно-монтажных работ, коррозия, не соблюдение правил эксплуатации, окончание нормативного срока службы уплотнений запорной арматуры и насосов).

Мероприятия по снижению загазованности и за щиты организма человека ;

- Исключение источников газообразования (соблюдение правил эксплуатации, противокоррозионная защита, своевременна я замена уплотнений насосов и запорной арматуры).
- Уменьшение концентрации токсичных га зов путем проветривания насосного зала.
- Применение средств индивидуальной защиты (противогазы, респираторы, спецодежда, изолирующие костюмы, рукавицы, перчатки, очки, маски).

### **Анализ выявленных опасных факторов и меры по их устранению**

#### **1. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования**

Скорость движения автотранспорта , по строительной площадке и вблизи мест производства работ не должны превышать 10 км/час на прямых участках и 5 км/час на поворотах. Движущиеся части производственного оборудования, являющиеся возможным источником травм опасности, должны быть ограждены или

					СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

расположены так, чтобы исключалась возможность прикасания к ним работающего или использованы другие средства (например двуручное управление), предотвращающие травмирование. Также необходимо соблюдать технику безопасности при работе оборудования, машин и механизмов, а их эксплуатацию должны выполнять только лица имеющие на это право.

## **2. Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением**

При несоблюдении правил безопасности при изготовлении, монтаже и эксплуатации оборудования работающего под высоким давлением обладает повышенной опасностью. Причинами разрушения или разгерметизации систем повышенного давления могут быть: внешние механические воздействия, старение систем (снижение механической прочности); нарушение технологического режима ; конструкторские ошибки; изменение состояния герметизируемой среды; неисправности в контрольно-измерительных, регулирующих и предохранительных устройствах; ошибки обслуживающего персонала и т.д. Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования, работающего под давлением, распространяются:

- работающие под давлением пара или газа свыше 0,07 МПа;
- на баллоны, предназначенные для транспортирования и хранения сжатых, сжиженных и растворенных газов под давлением свыше 0,07 МПа;
- на цистерны и бочки для транспортирования и хранения сжиженных газов, давление паров которых при температуре до 50 °С превышает давление 0,07 МПа ;
- на цистерны и сосуды для транспортирования или хранения сжатых, сжиженных газов, жидкостей и сыпучих тел, в которых давление выше 0,07 МПа создается периодически .

					СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Основным требованием к конструкции оборудования работающего под высоким давлением является надежность обеспечения безопасности при эксплуатации и возможности осмотра и ремонта. Ответственность за исправное состояние и безопасную эксплуатацию сосудов должна быть возложена на специалиста, которому подчинен персонал, обслуживающий сосуды (начальник компрессорной, начальник участка, старший мастер участка).

### **5.3 Экологическая безопасность**

#### **5.3.1 Защита селитебной зоны**

При строительстве и замене муфтовых соединений нефтеперекачивающих станций учитываются нормы санитарно – защитной зоны согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Рекомендуемое минимальное расстояние санитарно – защитной зоны для нефтеперекачивающих станций составляет 200 м.

#### **Воздействие на атмосферу**

Нефтеперекачивающая станция является источником загрязнения атмосферы. Основными источниками выделения вредных веществ являются не плотности фланцевых соединений, через которые возможна утечка углеводородов, клапаны ёмкостей.

Вредные воздействия; выбросы загрязняющих веществ в атмосферу из магистральной на сосной по причине не плотности технологического оборудования

Природоохранные мероприятия; проверка оборудования на прочность и герметичность, соблюдение правил эксплуатации, своевременная замена уплотнений насосов и запорной арматуры;

#### **Воздействие на гидросферу**

Источники загрязнения почвы нефтью на нефтеперекачивающих станциях магистральных нефтепроводов являются не плотности запорной арматуры, фланцевых и муфтовых

					СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

соединений, сварных стыков; утечки вследствие коррозионных повреждений резервуаров; продукты зачистки резервуаров. Замена отработавших материалов и узлов приводит к образованию твердых отходов производства (металлолом, фторопласт и прочий бытовой мусор). Работающие с нефтепродуктами должны быть обучены безопасности труда в соответствии с ГОСТ 12.0.004-90.

Вредные воздействия; попадание в гидросферу загрязняющих веществ, таких как нефть, масла, растворители, шлаки очистки насосов от нефти в составе сточных вод.

Природоохранные мероприятия; своевременный осмотр оборудования и устранение несоответствий паспортным требованиям, своевременная уборка отходов в специально отведенные места с дальнейшей транспортировкой до мест переработки, очистка, а затем отвод сточных вод с объектов НПС только соответствующих нормативным требованиям

### **Загрязнение литосферы**

Литосфера – твердая оболочка земли, включающая земную кору и мантию. Почва оказывает решающее значение на биосферу. Активно участвует в круговороте веществ и энергии в природе, поддерживает газовый состав атмосферы Земли.

Вредные воздействия; неплотности запорной арматуры, фланцевых и муфтовых соединений, понижается продуктивность лесных ресурсов, ухудшается санитарное состояние окружающей среды.

Природоохранные мероприятия; на участке проводится постоянный контроль за состоянием рабочих емкостей и контейнеров с отходами. Места временного хранения и накопления отходов должны соответствовать требованиям техники безопасности, санитарно-гигиеническим нормам и выше перечисленным инструкциям. Места сбора и накопления отходов должны быть

					СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

оборудованы углекислотными огнетушителями, ящиками с песком, лопатой, войлоком, кошмой или асбестом.

#### 5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Перечень возможных чрезвычайных ситуаций (ЧС):

- стихийного характера (лесные пожары, наводнения, ураганные ветры);
- социального характера (террористический акт);
- техногенного характера (производственная авария).

Наиболее типичной и опасной является ЧС техногенного характера, в результате которой может произойти неконтролируемые разливы нефти из-за повреждения самого насосного агрегата или его уплотнений.

При возникновении разлива нефти велика вероятность возникновения пожара при: неправильной работе с электрооборудованием, повреждения изоляции энергоснабжения, не соблюдении правил пожарной безопасности при эксплуатации и ремонтных работ х. Также стоит отметить длительную эксплуатацию, работающих непрерывно под нагрузкой, и во многих случаях в условиях агрессивных сред. Данные неблагоприятные факторы приводят к возникновению пожаров. Пожары несут огромные экономические ущербы, человеческие жертвы и отрицательное воздействие на экологию.

Для снижения риска возникновения ЧС проводятся следующие мероприятия;

- организуется техническая диагностика оборудования, а также его техническое обслуживание и ремонт;
- осуществляется приобретение современных приборов контроля и сигнализации на замену физически и морально устаревших;
- 

					СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- проводятся периодические и внеочередные инструктажи с обслуживающим персоналом.

Имеющимися силами и средствами необходимо принять меры по ликвидации ЧС:

- прекратить работу производственного оборудования или перевести его в режим, обеспечивающий локализацию или ликвидацию аварии, или пожара ;
- в случае угрозы для жизни людей немедленно организовать их спасение, используя для этого все имеющиеся силы и средства ;
- вызвать пожарную часть, газоспасательную и медицинскую службы и привести в готовность средства пожаротушения;
- принять все меры к локализации и ликвидации аварии или пожара с применением защитных средств и безопасных инструментов;
- 
- 
- обеспечить защиту людей, принимающих участие в тушении пожара , от возможных выбросов горячей нефти, обрушений конструкций, поражений электрическим током, отравлений, ожогов;
- одновременно с тушением пожара производить охлаждение конструктивных элементов зданий, резервуаров и технологических аппаратов, которым угрожает опасность от воздействия высоких температур;
- при необходимости принять меры по устройству обвалований против разлива нефти.

### **Заключение по разделу**

В данном разделе были рассмотрены условия работы на НПС. Были выявлены вредные и опасные факторы при работе на участке НПС. Рассмотрены меры производственной безопасности при выполнении персоналом работ. Определены основные источники

					СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

загрязнение окружающей среды. Наиболее вероятной ЧС является поражение электрическим током обслуживающего персонала, были расписаны комплекс мер по предупреждению чрезвычайных ситуаций.

					СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были рассмотрены виды муфт, их строение и принцип действия. Также рассмотрены виды расцентровки и методы центровки в насосных агрегатах.

В расчётной части была построена модель канатной муфты в программном комплексе SolidWorks и проведён проверочный расчёт состояния канатной муфты которая подвергается действию крутящего момента от вала электродвигателя, входящего в магистральный насосный агрегат. На основе анализа результатов сделан вывод о работоспособности модели канатной муфты. Достоинством муфты является ее дешевизна и простота в изготовлении, самая надежная это простая конструкция, ведь чем больше составляющих, тем меньше надежность конструкции.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» проведён SWOT – анализ проекта, выявлены и обозначены его слабые и сильные стороны, определены угрозы и возможности при осуществлении проекта. Также проведён расчёт затрат для научно – исследовательского проекта, который составил 626704,6 рублей.

В разделе «Социальная ответственность» рассмотрены возможные вредные факторы (например, повышенный уровень вибрации, повышенный уровень шума). В качестве опасных факторов выявлены наличие быстровращающихся механизмов, пожароопасность и взрывоопасность, опасность поражения электрическим током. Чрезвычайная ситуация определена в виде аварийной остановки при превышении уровня вибрации.

					Разработка технических решений направленных на повышение эксплуатационных свойств муфтовых соединений					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Заключение			Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Кузибоев Б.Б								
Руковод.		Рудаченко А.В							58	162
Консульт.								ТПУ гр. 2Б6Б		
Рук-ль ООП		Брусник О.В								

## Список литературы

1. А. с. 2041283 МПК С22 F1/00, В 22 F3/24. Способ деформирования муфт из сплава с эффектом памяти формы и устройство для его осуществления / А. М. Фирсов, Н. А. Кобылкин, С. В. Бардадымов. – № 4876387/02 ; заявл. 22.10.1990 опубл. 09.08.1995.
2. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – Москва : Наука, 1976.  
– 279 с.
3. Андронов И. Н. Эффекты обратимого формоизменения никелида титана при термоциклировании / И. Н. Андронов, С. К. Овчинников // Деформация и разрушение материалов. – 2005. – № 5. – С. 28-30.
4. Андронов, И. Н. Влияние предварительного термоциклирования на физико-механическое поведение медномарганцевых композиций в условиях проявления обратимой памяти формы / И. Н. Андронов, В. А. Лихачев // Известия вузов. Цветная металлургия. – 1986. – № 2. – С. 97-102.
5. Андронов, И. Н. Влияние термомеханической обработки на энергоемкость сплава ТН-1 / И.Н. Андронов, Р.А. Вербаховская // Заводская лаборатория – 2007. – № 9. – Т. 73. – С. 67-70.
6. Андронов, И. Н. Влияние термомеханической тренировки на поведение сплава ТН-1 в условиях проявления циклической памяти формы / И. Н. Андронов, С. В. Крючков, С. К. Овчинников // Вестник СамГТУ. Физико - математические науки. – Самара : СамГУ. – 2004. – № 27. – С. 97-100.

					Разработка технических решений направленных на повышение эксплуатационных свойств муфтовых соединений			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Кузибоев Б.Б			Заключение	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Рудаченко А.В					58	162
Консульт.						<b>ТПУ гр. 256Б</b>		
Рук-ль ООП		Брусник О.В						

7. Андронов, И. Н. Влияние термомеханической тренировки на поведение сплава ТН-1 в условиях проявления циклической памяти формы / И. Н. Андронов, С. В. Крючков, С. К. Овчинников // Вестник Самарского гос. ун-та. Физ-мат. – Самара : Изд-во СамГУ, 2005. – С. 95-100.

8. Андронов, И. Н. Влияние термомеханической тренировки на поведение сплава ТН-1 в условиях реализации многократно-обратимой памяти формы в свободном состоянии / И. Н. Андронов, С. В. Крючков, С. К. Овчинников // Научные труды VI Международного симпозиума «Современные проблемы прочности» им. В. А. Лихачева (20-24 октября 2003 г.) : т. 2 / под редакцией В. Г. Малинина. – Великий Новгород, 2003. – С. 173-177.

9. Андронов, И. Н. Закономерности поведения никелида титана в условиях производства механической работы / И. Н. Андронов, Н. П. Богданов, Н. А. Северова // Современные вопросы физики материалов: материалы XXXII семинара «Актуальные проблемы прочности», посвященного памяти В.А. Лихачева. – Санкт-Петербург : 1997. – С. 178-182.

10. Андронов, И. Н. Использование соединения из материала с памятью в качестве функционального элемента водоводов высокого давления / И. Н. Андронов, Е. В. Семиткина // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2016. – №10. – С.45-49.

11. Андронов, И. Н. Компьютерное моделирование НДС неразъемного конструкционного соединения с эффектом памяти формы в интерфейсе Ansys / И. Н. Андронов, Е. В. Семиткина // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2018. – №6. – С.47-52.

12. Андронов, И. Н. Моделирование силового воздействия в сплавах с мартенситной неупругостью / И. Н. Андронов, Н. П. Богданов, Е. В. Семиткина // Физико-математическое моделирование систем. XVIII Международный семинар (30 июня 2017 г.). – Воронеж : ВГТУ, 2017. – С. 179-184.

					СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9



13. Андронов, И. Н. Применение муфты переменного диаметра из материала с памятью в качестве соединительного элемента на промысловых трубопроводах / И. Н. Андронов, Е. В. Семиткина // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море – 2017. - № 11. - С. 20 - 25.

14. Андронов, И.Н. Влияние характера термоциклирования и знака нагружения на величину фазовых модулей никелида титана / И. Н. Андронов, Н. П. Богданов, А. В. Тарсин // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2009. – № 4, Том. 75, С. 42 – 44.

15. Бабаев, С. Г. Надежность нефтепромыслового оборудования / С. Г. Бабаев.– Москва : Недра, 1987. – 263 с.

16. Бледнова, Ж.М. Роль сплавов с эффектом памяти формы в современном машиностроении / Бледнова Ж.М., Степаненко М.А. — Краснодар: Кубанский гос. технологический ун-т, 2012. — 69 с.

17. Большая советская энциклопедия. Том 3 / Главный редактор А. М. Прохоров. – 3–е изд. – Москва : Советская энциклопедия, 1977. – 624 с.

18. Большев, Л. Н. Таблицы математической статистики / Л. Н. Большев, Н. В. Смирнов. – Москва : Наука, 1983. – 416 с.

19. Борисенкова, Е. А. Причины преждевременного выхода из строя клиновых задвижек на нефтяных месторождениях Российской Федерации / Е. А. Борисенкова // Вестник арматурщика. – 2015. – №7. – С. 46-48.

20. Бояршинов, С. В. Основы строительной механики машин / С. В. Бояршинов. - Москва : Машиностроение, 1973. – 456 с.

21. Ведомость оценки проведенной экспертизы за 2015 год // ООО «ТСК «УралТрансСтрой» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://tsk-uts.ru/page/26/>, свободный. – (Дата обращения: 20.09.2018).

Вербаховская, Р. А. Влияние термомеханического воздействия на деформационные процессы в сплаве ТН-1 : диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук : специальность 01.02.04

					СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

«Механика деформируемого твердого тела» : защищена 02.11.2007 / Р. А. Вербаховская ; научный руководитель И. Н. Андронов ; Ухтинский государственный технический университет. – Ухта : Изд-во УГТУ, 2007. - 132 с. – Место защиты: Московский государственный институт электроники и математики

22. Влияние осевого деформирования и осевых нагрузок на работоспособность никелида титана в условиях кручения / И. Н. Андронов [и др.]

// Физика прочности и пластичности материалов: тезисы докладов XIV Международная конференция (27 – 30 июня 1995 г.). – Самара : Изд-во СГТУ, 1995.– С. 306-307.

23. ВСН 008-88. Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Противокоррозионная и тепловая изоляция. – Москва : Изд-во ВНИИСТ, 1990. – 102 с

24. Ганыш, С. М. Экспериментальное определение параметров диаграммы фазовых переходов для сплава с эффектом памяти формы / С. М. Ганыш, С. С. Гаврюшин, И. Н. Андронов // Машиностроение. – 2012. – № 11. – С. 79-83.

25. ГОСТ 1050-2013. Металлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия. – Введён 01.01.2015 – Москва : Стандартиформ. – 34 с.

26. ГОСТ 21345-2005. Краны шаровые, конусные и цилиндрические на номинальное давление не более PN 250. Общие технические условия. – Введён 01.04.2008 – Москва : Стандартиформ, 2008. – 19 с.

27. ГОСТ 28338-89. Соединения трубопроводов и арматура. Номинальные диаметры. – Введён 01.01.1991 – Москва : Издательство Стандартов. – 3 с.

					СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

28. ГОСТ 55990-2014. Месторождения нефтяные и газонефтяные. Промысловые трубопроводы. Нормы проектирования. – Введён 01.12.2014 – Москва : Стандартиформ, 2014. – 90 с.
29. Григолюк, Э. И. Контактные задачи теории пластин и оболочек / Э. И. Григолюк, В. М. Толкачёв. – Москва : Машиностроение, 1980, 416 с.
30. Журавлёв, В. Н. Сплавы с термомеханической памятью и их применение в медицине / В. Н. Журавлёв. – Екатеринбург : Изд-во УрО РАН, 2000. – 150 с.
31. Закономерности генерации реактивных напряжений в сплаве TiNi / В. А. Лихачев, А. Н. Мастерова, А. Н. Маршалкин, Ю. И. Макаров // Проблемы прочности. – 1983. – № 4. – С. 72-74.
32. Зборщик, А. М. Новые материалы в металлургии : конспект лекций / А. М. Зборщик. – Донецк : Изд-во ДонНТУ, 2008. – 253 с.
33. Казаков, Ю. Б. Методы планирования эксперимента в электромеханике : метод. указания к выполнению лаб. работ /Ю. Б. Казаков, А. И. Тихонов. – Иваново Изд-во ИГЭУ, 2001. – 28 с.
34. Кобзарь, А. И. Прикладная математическая статистика / А. И. Кобзарь. – Москва : Физматлит, 2006. - 816 с.
35. Кожаева, А. В. Противокоррозионная защита промышленных трубопроводов в ОАО АНК «Башнефть» / А. В. Кожаева // Инженерная практика. – 2014. – № 6. – С. 48-57.
36. Коновалов, М. Н. Повышение эффективности силового привода лесозаготовительного оборудования применением материалов с эффектом памяти формы : диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук : специальность 05.21.01: «Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства» : защищена 23.12.2006 / М. Н. Коновалов ; научный руководитель И. Н. Андронов ; Ухтинский государственный технический университет. – Ухта : Изд-во УГТУ, 2006. - 135 с. – Место защиты: Петрозаводский государственный университет.

37. Коптева, В. Б. Фланцевые соединения: конструкции, размеры, расчёт на прочность: методические указания / В. Б. Коптева, А. А. Коптев. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2011. – 27 с.

38. Корепанова, В. С. Расчётно-экспериментальный метод определения деформационных характеристик при переходных процессах в сплавах с памятью формы : диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук : специальность 01.02.04 «Механика деформируемого твёрдого тела» : защищена 30.11.2011 / В. С. Корепанова ; научный руководитель И. Н. Андронов ; Ухтинский государственный технический университет. – Ухта : Изд-во МГОУ, 2011. - 147 с. – Место защиты: Московский государственный открытый университет имени В. С. Черномырдина.

39. Корнилов, И. И. Никелид титана и другие сплавы с эффектом "памяти" : монография / И. И. Корнилов, О. К. Белоусов, Е. В. Качур. – Москва : Наука, 1977.- 178 с.

40. Коршак, А. А. Трубопроводный транспорт нефти, нефтепродуктов и газа : учебное пособие / А. А. Коршак, А. М. Нечваль. – Уфа : ДизайнПолиграфСервис, 2005. – 516 с.

41. Коэффициенты трения покоя и скольжения для наиболее распространенных материалов // Технические таблицы [Электронный ресурс]. –Режим доступа

:[http://www.dpva.info/Guide/GuidePhysics/Frication/](http://www.dpva.info/Guide/GuidePhysics/Frication/FrictionToVariousPairs/)

FrictionToVariousPairs/, свободный. – (Дата обращения: 20.10.2016).

42. Лихачев, В. А. Эффект памяти формы / В. А. Лихачев // Соросовский образовательный журнал. – 1997. – № 3. – С. 107-114.

43. Лихачёв, В. А. Эффект памяти формы / В. А. Лихачёв, С. Л. Кузьмин, З. П. Каменцева. – Ленинград : Изд-во ЛГУ, 1987. – 216 с.

					СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

44. Магистральные трубопроводы для нефти, газа и нефтепродуктов // РГК «Палюр» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://rgk-palur.ru/magistralnye-truboprovody-istoriya-razvitiya-i-vozniknoveniya/>, свободный. – (Дат обращения: 20.03.2018).

45. Макаров, В. Ф. К методике моделирования напряженно-деформированного состояния при ультразвуковой упрочняющей финишной обработке / В. Ф. Макаров, А. Х. Половинкин // XIV международная научно-техническая конференция в г. Севастополе : сборник трудов. Т. 3. – Донецк : ДонНТУ, 2007. – С. 225-229.

46. Малинин, В. Г. Моделирование процессов создания термомеханических соединений с помощью муфт из материалов с памятью формы методами структурно-аналитической мезомеханики / В. Г. Малинин, Ю. Ю. Муссауи // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2015. – №3 (311). – С. 36-47.

47. Малинин, Г. В. Деформация мартенситной неупругости при сложных траекториях изотермического нагружения в материалах с эффектом памяти формы / Г. В. Малинин // Строительство и реконструкция. – 2012. – № 6 (44).

48. Малинин, Г. В. Применение метода конечных элементов для расчета статически неопределимой стержневой системы, выполненной из материала с эффектом памяти формы / Г. В. Малинин // Фундаментальные проблемы техники и технологии. – 2015. – № 4 (312). - С. 3-10.

49. Малинин, Н. Н. Прикладная теория пластичности и ползучести : учебник / Н. Н. Малинин. - 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение

50. Мартенситный тип обратимой памяти формы в устройстве систолического размера кольца митрального клапана / И. Н. Андронов, Р. А. Вербаховская, И. Н. Данилов, В. С. Корепанова // Заводская лаборатория. – 2010. – № 8. – С. 38-42.

					СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

					СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		